

水銀に関する国内外の状況等について

平成 26 年 3 月

水銀に関する水俣条約の国内対応検討委員会

本資料は、平成 25 年度環境省請負調査「水銀等の管理に関する内外の動向、技術的事項及び国内対応策の検討に係る調査業務」(請負者：(株)エックス都市研究所)の下で設置された「水銀に関する水俣条約の国内対応検討委員会」における検討等を踏まえて、請負者において整理、作成されたものである。

1. 水銀によるリスク

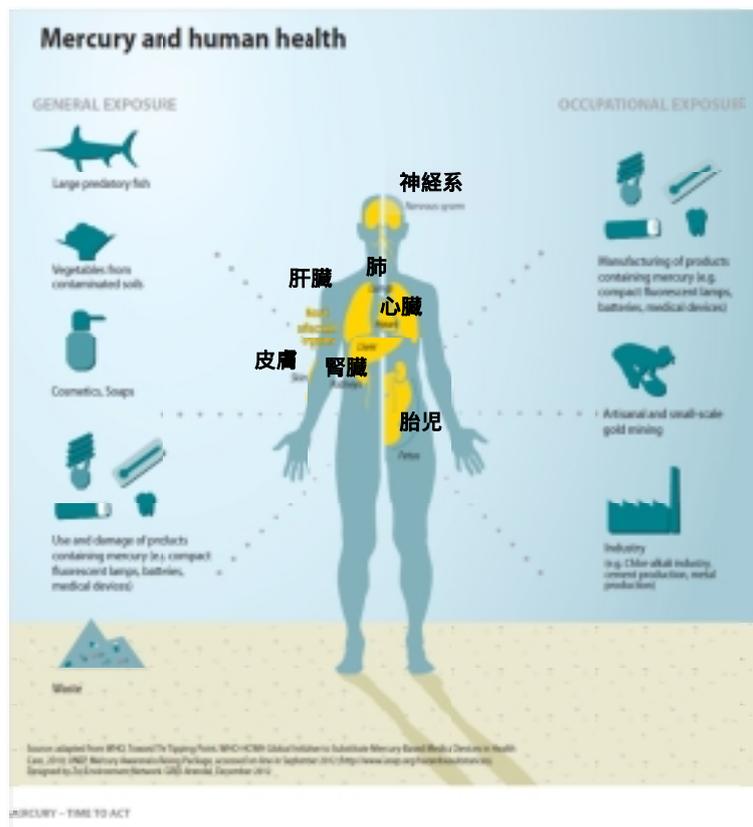
1.1 水銀の特性

水銀は常温で液体である唯一の金属元素で、揮発性が高く、様々な排出源から環境中に排出され全世界を循環する。脂溶性の有機水銀は環境中から食物連鎖に取り込まれたあと生物濃縮されることによってマグロなどの高次捕食動物に高濃度に蓄積される。

1.2 水銀の人の健康への影響

図 1.2.1 に、水銀によって影響を受けやすい人体の臓器等を示す。

世界保健機関（WHO）の報告¹によると、水銀及びメチル水銀等は中枢神経系及び末梢神経系に対し有毒であり、魚類に生物蓄積されたメチル水銀を妊婦が摂取することにより、成長中の胎児に神経発達障害をもたらす場合がある。水銀蒸気の吸入は、消化器官系、免疫系、肺及び腎臓に害をおよぼし、時に致命的となることもある。水銀の無機塩は皮膚、眼及び消化管に炎症を起こし、摂取により腎毒症をもたらす。他の水銀化合物でも、吸引、摂取または皮膚投与により感覚障害や運動失調を発症する場合があります。震え、不眠、記憶喪失、神経障害、頭痛、認知・運動機能障害が認められる。水銀の大気濃度が1立方メートルあたり20 μg 以上の環境下で数年間労働した者には、中枢神経毒の不顕性兆候が認められる。また、腎臓や免疫への影響が報告されている。



出典：UNEP. (2013). Mercury - Time to Act.

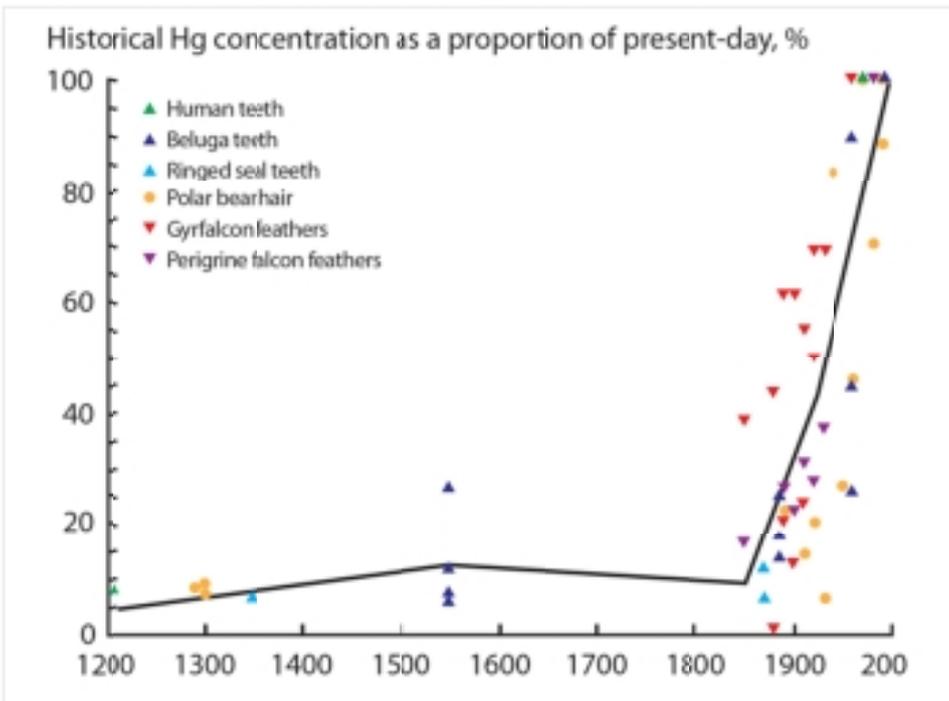
図 1.2.1 水銀被害による人間の健康への影響

¹ WHO. (2007). Preventing Disease through Health Environments, Exposure to Mercury: A Major Public Health Concern, <http://www.who.int/phe/news/Mercury-flyer.pdf>

1.3 水銀の長距離移動性、残留性、動物への蓄積性

国連環境計画（UNEP）の報告によれば、水銀は環境中に排出されると大気、海洋等を通じて長距離を移動し全世界を循環する。水銀の人為的排出及び放出は、過去 100 年で、世界の海洋表層 100 メートルの水銀量を 2 倍にしているが、海面から深海への水銀の移動が遅いため、より深い海水層の濃度は 10-25% の増加に留まっていると推計されている²。

川や海の無機水銀が環境中の微生物によりメチル水銀に変化したものは食物連鎖を通じて魚介類に取り込まれる。図 1.3.1 に、動物に取り込まれた水銀濃度の経年変化を示す。北極圏のいくつかの海洋哺乳類種では、水銀含有量が産業革命以前の平均 12 倍にまで上昇している。この上昇は、これら海洋生物に今日蓄積されている水銀の平均 90% 以上が、人為的発生源によることを意味している。この上昇の初期段階のタイミングは、19 世紀半ばに始まってアジアの産業化が進む以前の 20 世紀初頭に加速しており、ヨーロッパ、ロシア、北アメリカからの水銀排出が原因である可能性を示唆している。



出典：UNEP. (2013). Global Mercury Assessment 2013.

図 1.3.1 動物に取り込まれた水銀濃度の経年変化

1.4 水銀のリスク評価と管理

1.4.1 世界における水銀のリスク評価と管理

国連食糧農業機関(FAO)及びWHOによる食品添加物についての合同専門家委員会(Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives(JECFA))は、発育中の胎児の神経系を水銀ばく露から守るため、妊婦の体重1kgあたり一週間1.6µgまでという水銀の耐容摂取量を設定している¹。

これを受け、厚生労働省は、内閣府・食品安全委員会に食品健康影響評価を依頼した。この結果に基づき、薬事・食品衛生審議会において議論が行われ、水銀を含有する魚介類等の摂取に関する注意事項及びQ&Aの見直しが2010年(平成22年)6月に行われた(後述)。

² UNEP. (2013). Global Mercury Assessment 2013.

WHO は、飲料水中水銀濃度の許容量は 1 リットルあたり 1 µg、大気中では年平均で 1 立方メートルあたり 1 µg とのガイドラインを示している。また、水銀蒸気を吸うおそれのある環境下で、1 日 8 時間、週 40 時間勤務を 1 週間以上続ける場合、大気中濃度の許容量は 1 立方メートルあたり 0.2 µg、一日あたりの耐容摂取（吸入）量は体重 1 kg あたり 2 µg までとしている¹。

WHO は、水銀による健康被害への対応として、以下の戦略的な行動をとることを、各国政府及び国際的機関等に推奨している¹。

- (1) 国による水銀の使用と廃棄のアセスメント。健康と環境等に関する教育の実施。
- (2) 圧力計や温度計等の水銀フリー代替品使用の推進。水銀添加製品の製造業者による回収または適切な廃棄。
- (3) 水銀の除去方法、廃棄方法、保管方法、安全な取扱い方法等の開発。医療系水銀廃棄物の環境上適正な管理の推進。
- (4) 国による水銀に対する政策の実施と立法。水銀を含む物質、医療系廃棄物、排出量削減に関する取組における医療分野の役割の強調。火葬からの水銀排出に対する効果的対策の実施。
- (5) 国際機関による製造業者、卸・小売業者と協働した安価な水銀フリー製品の開発・普及。
- (6) 国による妊婦、授乳婦及び子供に対する魚の摂取の利点と危険性についての助言。メチル水銀は授乳の効能を否定するほどには含まれていないため、授乳を強く推奨。
- (7) 水銀を用いている伝統的儀式、民間薬、化粧品等の把握。水銀による被害、ばく露の回避、漏出水銀の除去に関する情報の周知。
- (8) 長期にわたるモニタリング（ばく露の生物学的測定を含む）と職業的ばく露の軽減プログラムの推進。

1.4.2 日本における水銀のリスク評価と管理

厚生労働省は、平成15年6月、薬事・食品衛生審議会食品衛生分科会乳肉水産食品・毒性合同部会の意見を聴いて、最初の「水銀を含有する魚介類等の摂取に関する注意事項」を公表した。

その後、厚生労働省では、米国FDA（Food and Drug Administration）の妊婦に対する勧告³等の報告を受け、妊娠中の魚介類の摂取には特に注意が必要であるとの認識から、様々な研究に基づくデータを取りまとめ、薬事・食品衛生審議会食品衛生分科会乳肉水産食品部会の意見を聴いて、平成22年6月1日、「妊婦への魚介類の摂取と水銀に関する注意事項」を改定・公表した。

³ FDA. (2001). An Important Message for Pregnant Women and Women of Childbearing Age Who May Become Pregnant About the Risks of Mercury in Fish, http://www.fda.gov/OHRMS/DOCKETS/ac/02/briefing/3872_Advisory%201.pdf

表 1.4.1 妊婦が注意すべき魚介類の種類とその摂取量（筋肉）の目安

| 摂取量（筋肉）の目安 | 魚介類 |
|--|--|
| 1 回約80gとして妊婦は2ヶ月に1回まで （1週間当たり10g程度） | バンドウイルカ |
| 1 回約80gとして妊婦は2週間に1回まで （1週間当たり40g程度） | コビレゴンドウ |
| 1 回約80gとして妊婦は週に1回まで （1週間当たり80g程度） | キンメダイ メカジキ クロマグロ メバチ（ <i>メバチ</i> ） エッチュウバイガイ ツチクジラ マッコウクジラ |
| 1 回約80gとして妊婦は週に2回まで （1週間当たり160g程度） | キダイ マカジキ ユメカサゴ ミナミマグロ ヨシケリザメ イシイルカ クロムツ |

（参考1）マグロの中でも、キハダ、ビンナガ、メジマグロ（クロマグロの幼魚）、ツナ缶は通常の摂取で差し支えありませんので、バランス良く摂取して下さい。

（参考2）魚介類の消費形態ごとの一般的な重量は次のとおりです。

| | | |
|-------|------------|-------|
| 寿司、刺身 | 一貫又は一切れ当たり | 15g程度 |
| 刺身 | 一人前当たり | 80g程度 |
| 切り身 | 一切れ当たり | 80g程度 |

出典：薬事・食品衛生審議会食品衛生分科会乳肉水産食品部会。(2010). 妊婦への魚介類の摂食と水銀に関する注意事項.

妊婦が注意すべき魚介類の種類とその摂取量（筋肉）の目安の算定にあたっては、日本人の水銀の平均摂取量（表 1.4.2 参照）のうち、魚介類経由の量を求め、その半分を水銀濃度の低い魚介類から摂取していると仮定している。耐容量は、平成 17 年の食品安全委員会の食品健康影響評価結果の耐容週間摂取量（メチル水銀 2.0 μ g/kg 体重/週）を用いて算定されたものである³。この食品安全委員会によるメチル水銀の耐容量は、懸念される胎児に与える影響を十分保護できる量であることから、平均的な食生活をしている限り、我が国における健康への影響について懸念されるようなレベルではないとされている⁵。

表 1.4.2 日本人の水銀の一日摂取量調査

| | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 |
|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 総水銀 | 9.1 | 9.8 | 9.8 | 6.7 | 9.7 | 6.8 | 7.0 | 8.8 | 8.1 | 8.5 |

魚介類から 79.8%（6.72 μ g/日） それ以外の食品から 20.2%（1.70 μ g/日）の水銀を摂取

出典：厚生労働科学研究報告書⁴

³ 薬事・食品衛生審議会食品衛生分科会 乳肉水産食品部会（平成 22 年 5 月 18 日開催）。(2010). 資料 2-5 妊婦への魚介類の摂取と水銀に関する注意事項における対象魚介類の追加について(案) <http://www.mhlw.go.jp/shingi/2010/05/dl/s0518-8h.pdf>

⁴ 厚生労働省医薬食品局食品安全部基準審査課。(2005). 妊婦への魚介類の摂食と水銀に関する注意事項の見直しについて（Q & A）(平成 17 年 11 月 2 日). <http://www.mhlw.go.jp/topics/bukyoku/iyaku/syoku-anzen/qa/051102-1.html#kisai>

1.4.3 我が国における水銀の環境基準と達成状況

我が国では、大気、水質、土壌への水銀排出に関して環境基準や排出基準を設け、それぞれについて対策を行っている。

大気については、環境基準に準ずる、健康リスクの低減を図るための指針値が定められ、事業者による自主的な排出抑制が進められている。水質については、公共用水域や地下水において維持・達成すべき基準として、全国一律の環境基準を設定し、その確保のために工場・事業場に対して排水規制、地下浸透規制等を行っている。土壌については、環境基準を定めるとともに、土壌汚染対策法に基づく土壌含有量基準や土壌溶出量基準を定め、調査や対策が進められている。

表 1.4.3 に我が国における環境基準及び排出基準を示す。

表 1.4.3 我が国における環境基準及び排出基準

| 対象 | 基準値の概要 | 根拠法令名 |
|-------|---|-------------------------------------|
| 大気 | 環境中の有害大気汚染物質による健康リスクの低減を図るための指針となる数値（指針値）：水銀（水銀蒸気）40 ng Hg /m ³ 以下（年平均値） | 大気汚染防止法に基づく有害大気汚染物質対策の一環 |
| 公共用水域 | 環境基準：総水銀0.0005 mg/L 以下（年間平均値）、アルキル水銀は検出されないこと | 環境基本法 |
| | 排水基準：水銀及びアルキル水銀その他の水銀化合物0.005 mg/L 以下、アルキル水銀化合物は検出されないこと | 水質汚濁防止法（排水規制） |
| 地下水 | 環境基準：総水銀0.0005 mg/L 以下（年間平均値）、アルキル水銀は検出されないこと | 環境基本法 |
| | 地下浸透規制の要件：検出されないこと | 水質汚濁防止法（地下浸透規制） |
| | 浄化基準：水銀及びアルキル水銀その他の水銀化合物0.0005 mg/L 以下、アルキル水銀化合物は検出されないこと | 水質汚濁防止法（地下水の浄化に係る措置命令の基準） |
| 土壌 | 環境基準：検液1リットルにつき総水銀0.0005 mg 以下 | 環境基本法 |
| | 溶出量基準：水銀及びその化合物0.0005 mg/L 以下、かつ、アルキル水銀は検出されないこと | 土壌汚染対策法（要措置区域等の指定に係る基準（汚染状態に関する基準）） |
| | 含有量基準：水銀及びその化合物15 mg/kg 以下 | |

出典：環境省. (2013). 水俣病の教訓と日本の水銀対策.

環境省は、一般環境中における水銀に係る環境基準又は指針値の達成状況を確認するため、全国で大気・水等のモニタリングを実施している。最新のモニタリングの結果を表 1.4.4に示す。公共用水域、地下水や土壌において環境基準を超過している箇所があるものの、大気については、全てのモニタリング地点で指針値を達成している。なお、公共用水域の超過1地点については自然由来の水銀による超過であり、また大気については本格的にモニタリングを開始した平成10（1998）年度以降、指針値を超過した地点はない。

表 1.4.4 我が国の水銀モニタリングの結果

| 対象 | モニタリング結果 | 測定頻度及び測定年度 |
|-------|--|--------------|
| 大気 | 指針値超過数：0/270地点 平均濃度：2.1 ng Hg /m ³ 、 最大濃度（年平均値）：6.1 ng Hg /m ³ | 月一回、平成24年度 |
| 公共用水域 | 環境基準値超過数：1/3,950地点 *超過1地点は自然由来 | 概ね月一回、平成24年度 |
| 地下水 | 環境基準値超過数：概況調査（1/2,886本） 汚染井戸周辺地区調査（5/46本） 継続監視調査（19/117本） | 概ね年一回、平成24年度 |
| 土壌 | 基準不適合事例：84事例 | 平成24年度 |

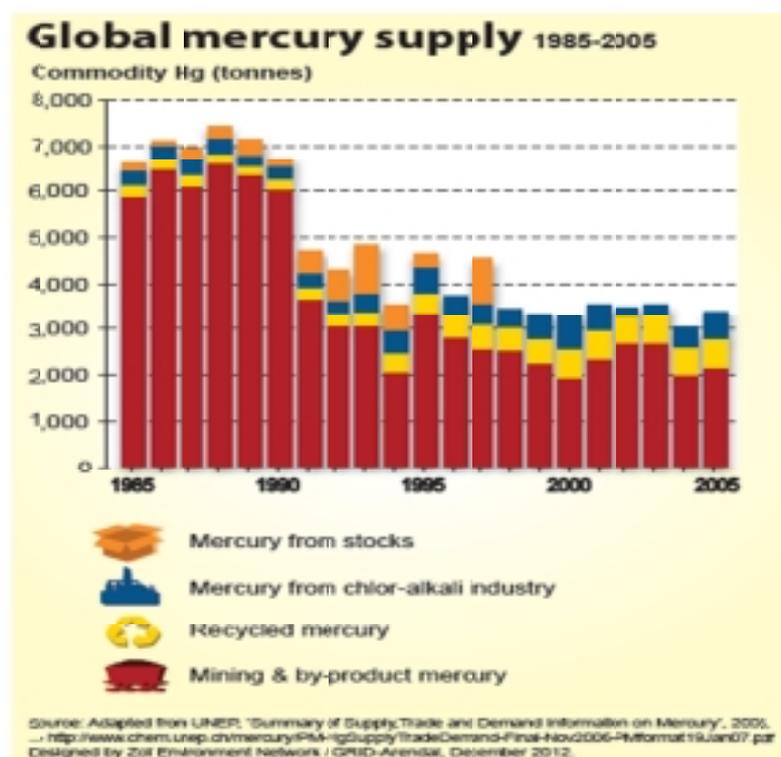
出典：環境省資料

2. 国内外における水銀利用の実態

2.1 世界的にみた水銀利用の実態

2.1.1 世界的な水銀利用量

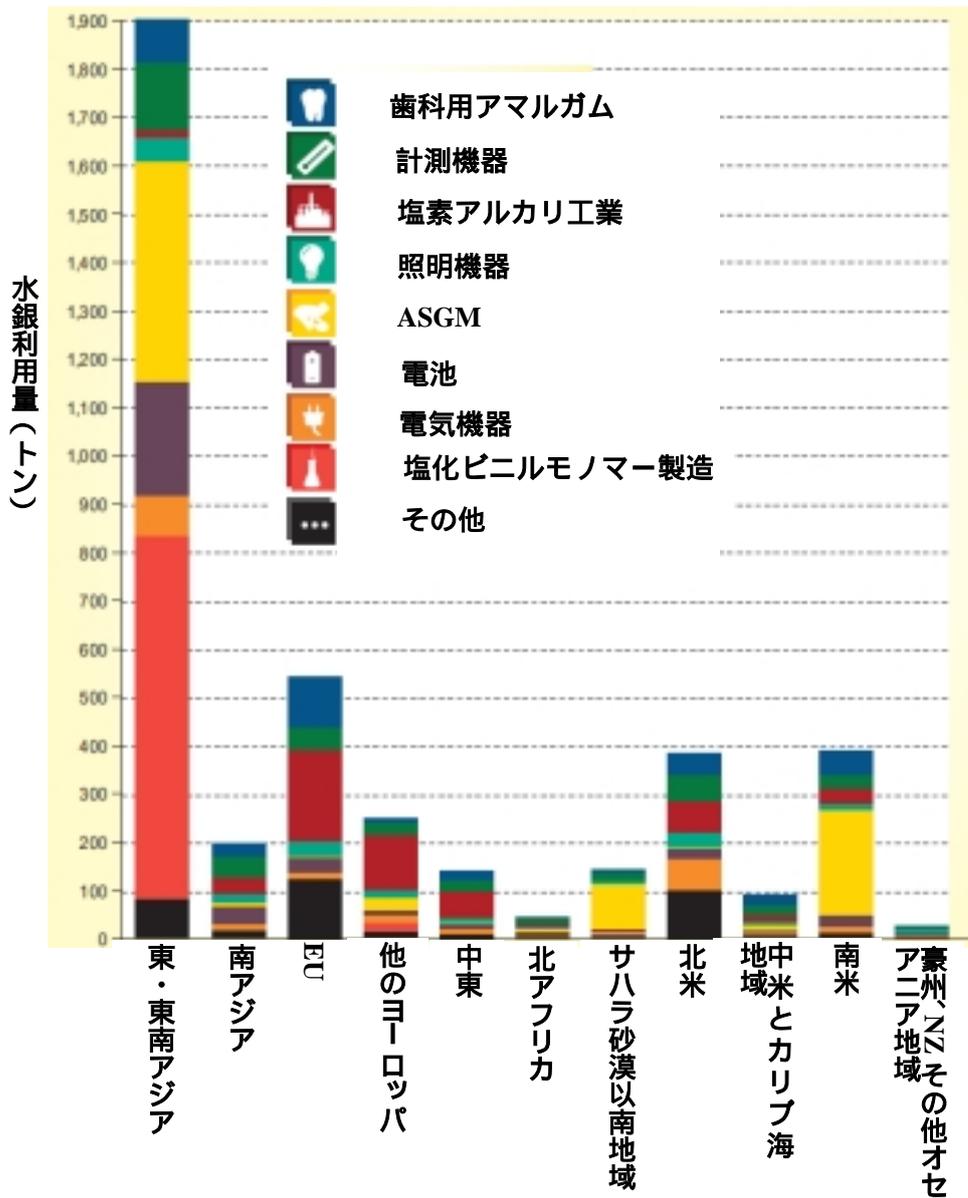
世界的な水銀排出抑制の取組に伴い、水銀利用量は国内外で減少傾向にあるものの、依然として水銀は様々な用途に利用されている。世界における水銀利用量は、2005年の実績で年間3,800トン程度である。水銀の供給源としては、一次鉱出、他の金属製錬の副産物、廃棄物等からの回収、過去の在庫等があげられる。世界全体でこれらの供給源から得られた水銀の利用可能量の推移は図2.1.1のようになっており、1995年から2005年にかけておよそ1,300トン減少している。実際に利用される水銀量は利用可能量と等しいため⁵、水銀の利用量も1995年から2005年にかけて減少傾向にあると言える。地域別にみると、東・東南アジアでの水銀の利用量が圧倒的に多い(図2.1.2)。



出典：UNEP. (2013). Mercury - Time to Act.

図 2.1.1 世界の水銀の利用可能量の推移

⁵ UNEP. (2006). Summary of supply, trade and demand information on mercury, <http://www.chem.unep.ch/mercury/PM-HgSupplyTradeDemand-Final-Nov2006-PMformat19Jan07.pdf>



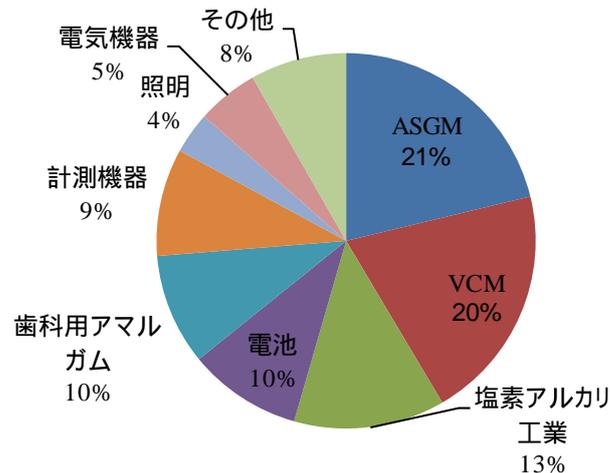
出典：UNEP. (2013). Mercury - Time to Act.

図 2.1.2 地域別水銀利用量（2005年）

2.1.2 世界的な水銀の用途

世界的な水銀用途は、零細小規模金採掘（ASGM）が最も多く、次いで塩化ビニルモノマー（VCM）製造工程、塩素アルカリ工業における使用である。その他、電池、計測機器、照明機器等の水銀添加製品や歯科用アマルガムとして使用されている（図 2.1.3）。

ASGM への水銀利用は東・東南アジア、サハラ砂漠以南地域、南米で多く、塩化ビニルモノマー製造への水銀利用は、東・東南アジアで多い（図 2.1.2）。後者については、中国において塩化水銀触媒が用いられている⁷ ことによる。



出典：UNEP. (2008). Technical Background Report to the Global Atmospheric Mercury Assessment.

図 2.1.3 世界の水銀用途（2005 年）

2.1.3 ASGM における水銀利用

前節で示したように、現在、多量の水銀が ASGM に用いられている。ASGM において水銀を用いる方法は他の方法よりも安価であり⁸、また短時間で簡単に金が得られるため、多くの開発途上国で用いられている⁹。



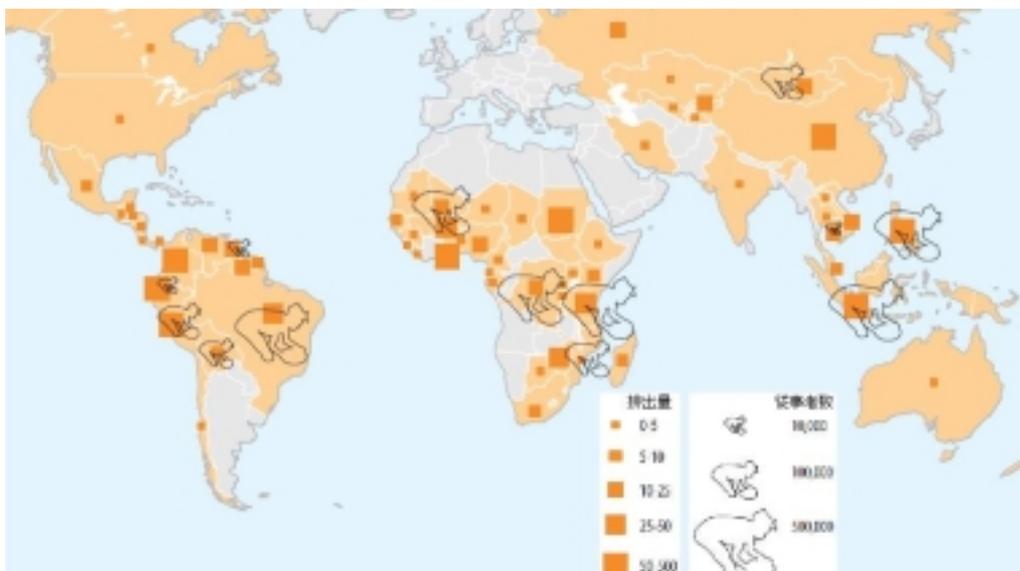
（左）水銀を懸濁液と混ぜ、金アマルガムを生成、（右）金アマルガムを加熱し、水銀を蒸発させ金を回収
図 2.1.4 水銀を用いた ASGM 作業の様子

⁷ UNEP. (2013). Mercury - Time to Act.
http://www.unep.org/PDF/PressReleases/Mercury_TimeToAct_hires.pdf

⁸ WHO. (2013). Mercury Exposure and Health Impacts among Individuals in the Artisanal and Small-Scale Gold Mining (ASGM) Community,
http://www.who.int/ipcs/assessment/public_health/mercury_asgm.pdf

⁹ UNEP. (2012). Reducing Mercury Use in Artisanal and Small-Scale Gold Mining: A Practical Guide,
[http://www.unep.org/chemicalsandwaste/Portals/9/Mercury/Documents/ASGM/Techdoc/LAST%20VERSION%20UNEP_Technical_Document__DEC_31_E\[1\].pdf](http://www.unep.org/chemicalsandwaste/Portals/9/Mercury/Documents/ASGM/Techdoc/LAST%20VERSION%20UNEP_Technical_Document__DEC_31_E[1].pdf)

世界の精製金の総生産量のうち、ASGM による生産量は 20～30%程度を占める¹⁰。ASGM における水銀利用量は、世界の水銀利用量の 20%程度である（図 2.1.3）。また、ASGM セクターからの水銀大気排出量は、世界の水銀大気排出量のおよそ 37%を占めている¹¹。ASGM は 70 以上の国で行われており、その多くはアフリカ、アジア、南米地域の開発途上国である（図 2.1.5）。ASGM 従事者数は全世界で 1,000～1,500 万人程度であり、そのうち 450 万人が女性、100 万人が子供である¹²。



注：水銀排出量（トン）及び ASGM 従事者数は UNEP による推計値。薄い橙色に塗られた国は ASGM が報告されており、塗られていない国では報告がないことから、水銀排出量の推計がされていない。

出典：UNEP. (2013). Mercury - Time to Act.

図 2.1.5 ASGM が行われている国・地域、水銀排出量及び従業者数

¹⁰ UNEP. (2007). Global impacts of mercury supply and demand in small-scale gold mining, <http://www.chem.unep.ch/mercury/partnerships/2006%20GMP%20Report%20to%20UNEP%20GC24.pdf>

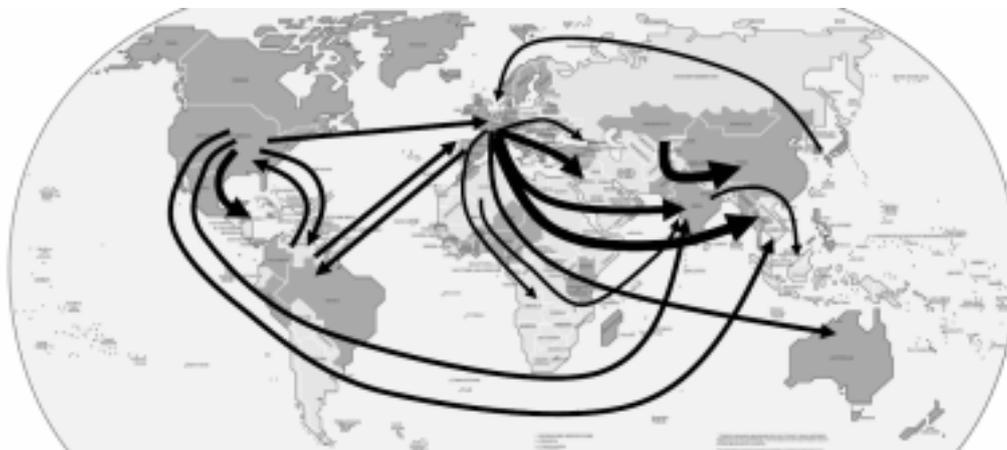
¹¹ UNEP. (2013). Mercury - Time to Act, http://www.unep.org/PDF/PressReleases/Mercury_TimeToAct_hires.pdf

¹² UNEP. (2008). Mercury Use in Artisanal and Small Scale Gold Mining, http://www.unep.org/chemicalsandwaste/Portals/9/Mercury/AwarenessPack/English/UNEP_Mod3_UK_Web.pdf

2.1.4 水銀の流通

(1) 主な水銀貿易

金属水銀は世界中で取引が行われている。2004年には750トン以上の水銀が欧州から、700トン以上がCIS（旧ソ連地域）から輸出されていた¹³（図 2.1.6）。



注：矢印の大きさは年間に取引される水銀の量を示す。

出典：UNEP. (2006). Summary of supply, trade and demand information on mercury.

図 2.1.6 金属水銀の輸出先（2004年）

2012年における国別の水銀輸出量をみると、スペイン（951トン）、シンガポール（478トン）、メキシコ（262トン）、中国（香港を含む）（245トン）が上位を占めている（表 2.1.1）。

表 2.1.1 主な国の金属水銀輸出量（2012年）

| | 輸出国 | 輸出量（トン） |
|----|--------------------------|---------|
| 1 | スペイン | 951 |
| 2 | シンガポール | 478 |
| 3 | メキシコ | 262 |
| 4 | 中国（香港を含む） | 245 |
| 5 | アルゼンチン | 188 |
| 6 | スイス | 165 |
| 7 | ドイツ | 108 |
| 8 | 米国（プエルトリコ、US ヴァージン諸島を含む） | 103 |
| 9 | カナダ | 73 |
| 10 | 日本 | 69 |
| 11 | オランダ | 67 |
| 12 | インド | 50 |
| 13 | チリ | 50 |
| 14 | ポルトガル | 26 |
| 15 | マレーシア | 19 |

出典：UN-Comtrade, <http://comtrade.un.org/db/>

¹³ UNEP. (2006). Summary of supply, trade and demand information on mercury, <http://www.chem.unep.ch/mercury/PM-HgSupplyTradeDemand-Final-Nov2006-PMformat19Jan07.pdf>

(2) 欧米における水銀の輸出入

1) EUにおける水銀輸出規制

EUでは、塩素アルカリ工業における規制強化に伴う水銀使用の廃止に伴い大量の余剰水銀の発生が見込まれること、それが国際市場に流入した場合に途上国を中心として公害や健康被害が広がるおそれがあること等を背景に、EU域外への水銀の輸出禁止を含む、水銀の安全な管理について議論されてきた。こうした経緯を経て、2008年11月、欧州委員会(EC)は「金属水銀並びに水銀の化合物及び混合物の輸出禁止並びに金属水銀の安全な貯蔵に関する2008年10月22日の欧州議会及び理事会規則(EC)No1102/2008」¹⁴を公布した。この規則では、2011年3月15日以降のEU域外への水銀の輸出が禁止されており、輸出禁止対象は、金属水銀、辰砂鉱石、塩化水銀(Hg₂Cl₂)、酸化水銀(HgO)、比重で95%以上の水銀が含まれる物質の混合物である。ただし、医療用等の用途では一部適用除外が設けられている。

2) 米国における輸出規制

2008年10月14日、水銀輸出禁止法(Mercury Export Ban Act of 2008)が大統領署名をもって成立した¹⁵。この法律は、米国が世界の主要な水銀輸出国であるとの認識の下、世界的な市場における金属水銀の利用可能性を低下させ、零細小規模金採掘等に利用される水銀量を減少させること、米国内市場においても金属水銀の流通量を減少させること等を目的としている。水銀輸出禁止法における、水銀輸出と長期的水銀管理・保管に関する主な規定は以下のとおりである。

- 連邦機関が自らの制御下・管轄下にある金属水銀を運搬、販売、拡散させることを禁止する。これにはエネルギー省(DOE)と国防総省が所有する備蓄水銀も含む。
- 2013年1月1日より、米国からの金属水銀の輸出を禁止する。
- DOEは米国内で発生した余剰水銀の長期的な管理と保管のために1以上のDOEの機関を選定する。この選定は2010年1月1日までに行われなければならない。

ただし、水銀化合物は輸出禁止対象とはなっていないほか、水銀フリー代替製品が無い場合の使用目的等での適用除外を設けている。

3) 欧米からの輸出量の動向

国連貿易統計(UN-Comtrade)によれば、EUからの水銀輸出量は、輸出禁止規制のない2010年と輸出禁止規制が施行されている2012年を比較すると、大幅に減少している(表2.1.2)。一方、米国からの水銀輸出量は、輸出が禁止された2013年1月1日以降も相当量の輸出が計上されている(表2.1.3)。

表 2.1.2 EUからの金属水銀の輸出量の推移

| 西暦(年) | 重量(t) |
|-------|-------|
| 2009 | 1221 |
| 2010 | 973 |
| 2011 | 311 |
| 2012 | 22 |
| 2013 | |

注: 2011年3月15日から金属水銀及び特定水銀化合物の輸出が禁止された。2013年のデータの掲載なし。

出典: UN-Comtrade, <http://comtrade.un.org/db/>

¹⁴ Regulation (EC) No 1102/2008 of European Parliament and of the Council of 22 October 2008 on the banning of exports of metallic mercury and certain mercury compounds and mixtures and the safe storage of metallic mercury, <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:304:0075:0079:EN:PDF>

¹⁵ Mercury Export Ban Act, <http://www.gpo.gov/fdsys/pkg/PLAW-110publ414/pdf/PLAW-110publ414.pdf>

表 2.1.3 米国からの金属水銀の輸出量の推移

| 西暦(年) | 重量(t) |
|-------|---------|
| 2009 | 753 |
| 2010 | 461 |
| 2011 | 133 |
| 2012 | 103 |
| 2013 | 359 () |

注：2013年1月1日から金属水銀の輸出が禁止された。

：米国貿易統計によれば、「水銀」として計上されていたものの相当量は「硫化物等」の誤りであったと訂正されている。<http://www.census.gov/foreign-trade/statistics/corrections/index.html>

出典：UN-Comtrade, <http://comtrade.un.org/db/>

2.2 国内における水銀利用の実態

2.2.1 国内の水銀需要

国内の水銀需要については、環境省「我が国の水銀に関するマテリアルフロー（2010年度ベース、2013年度更新）」において、年間8トン程度と推計されている。図 2.2.1 にマテリアルフローの要約を示す。またマテリアルフロー（概要版及び詳細版）を資料巻末に掲載する。

国内の水銀需要の推移は図 2.2.2 のとおりである。製造プロセスにおける触媒や電極としての水銀利用の廃絶、その他水銀を使用する製品の汞フリー化等によって、水銀需要は1964年をピークに急速に減少し、今では当時の約300分の1まで削減されている。

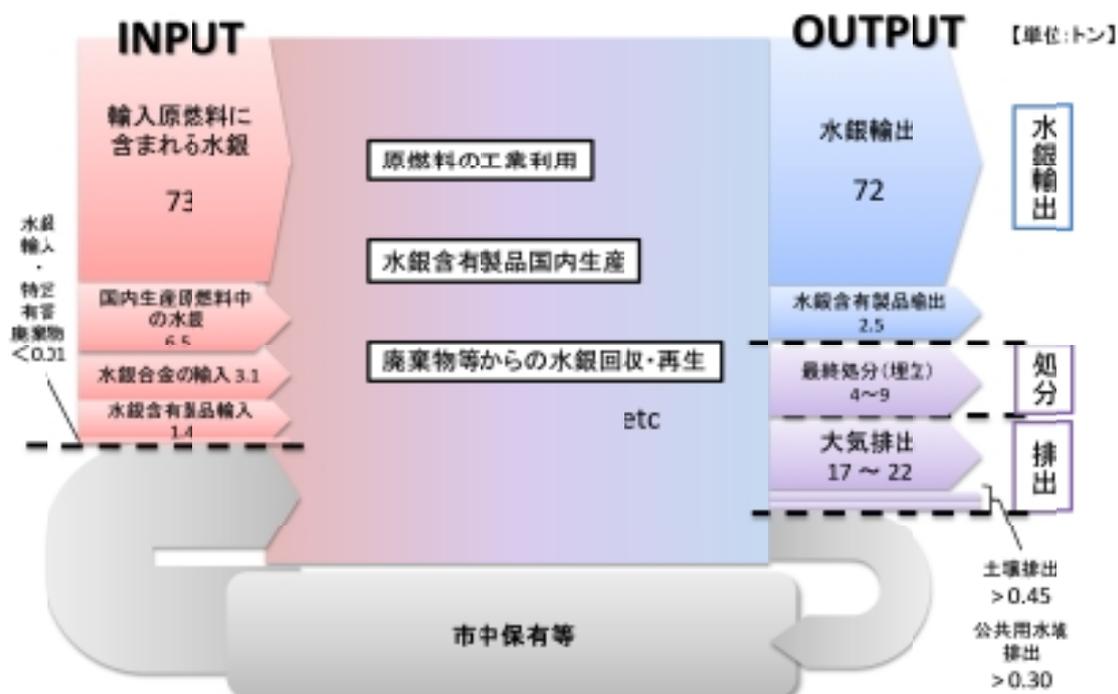
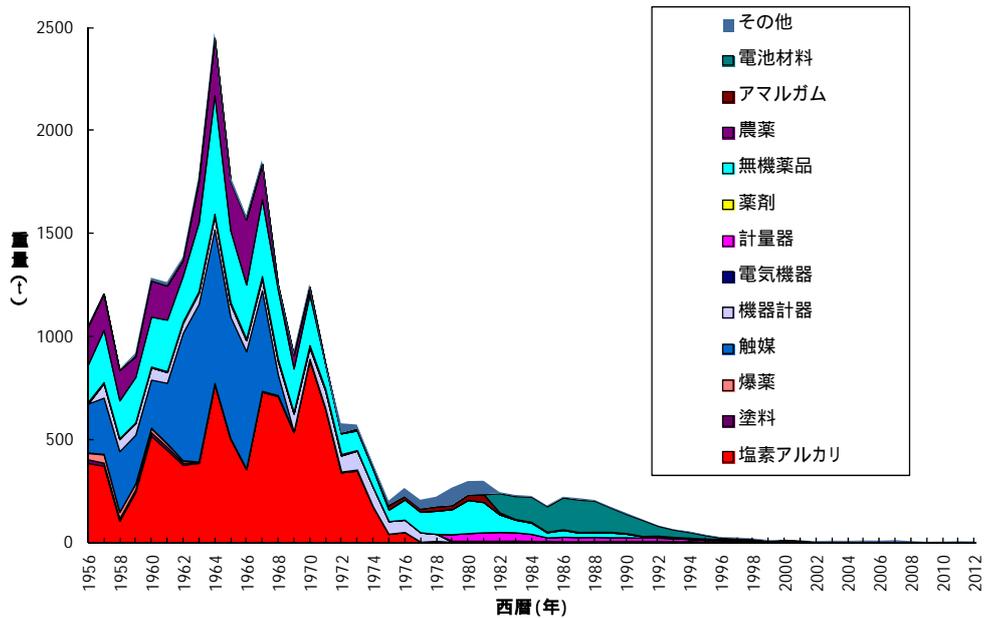


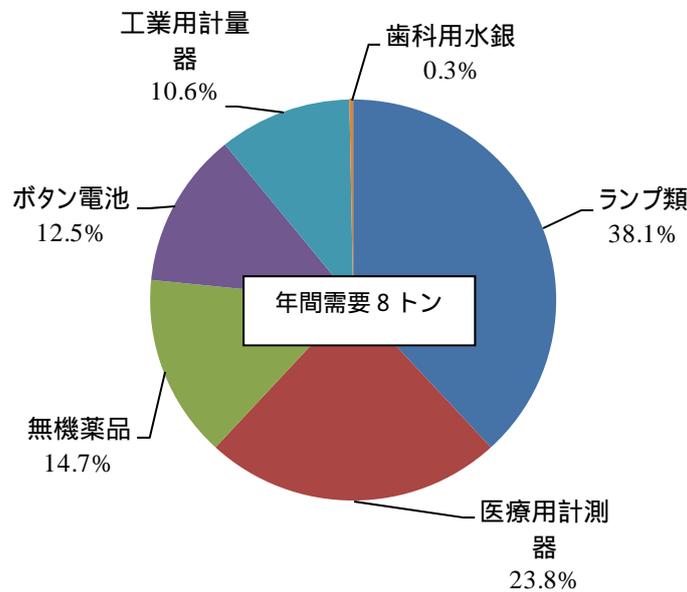
図 2.2.1 我が国の水銀に関するマテリアルフロー要約版（2010年ベース）



注：蛍光ランプは 1956 年～1978 年は機器計器、1979 年以降は電気機器に該当
 出典：資源統計年報・非鉄金属等需給動態統計

図 2.2.2 日本における水銀需要の推移

現在、我が国では年間 8 トン程度の水銀が使用されており、主な用途は照明(蛍光灯等)、計測・制御器 (体温計、血圧計等)、無機薬品 (顔料、試薬等) や電池 (図 2.2.3) となっている。



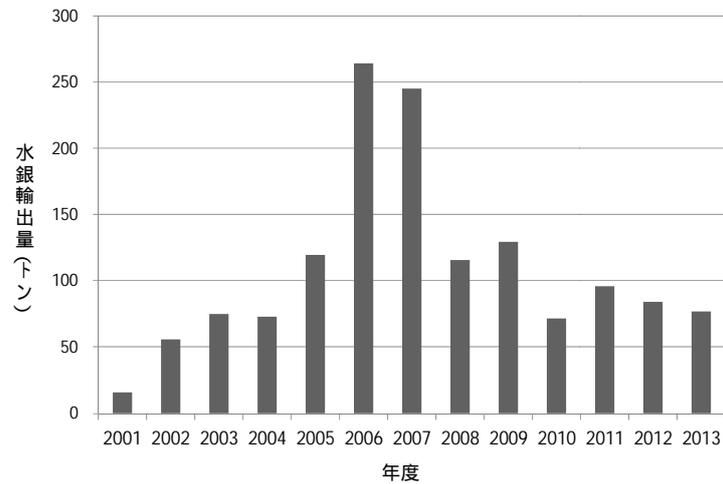
注：この他に試薬としての水銀利用量が推計されているが現在確認中である。
 出典：我が国の水銀に関するマテリアルフロー (2010 年度ベース、2013 年度更新)

図 2.2.3 国内における水銀の用途

2.2.2 我が国における水銀の輸出入

(1) 水銀の輸出

我が国では水銀の一次鉱出は行われていないが、水銀を含む廃棄物や副生物から回収された水銀のうち国内需要を上回る分が輸出されている。2006年度には250トンを超える輸出量であったが、近年の輸出量は70～80トンである。(図2.2.4)。



注：「水銀」には、水銀鉱石及び製品中に含まれて輸入されるものは含まない。
出典：財務省貿易統計

図 2.2.4 我が国の水銀輸出量の推移

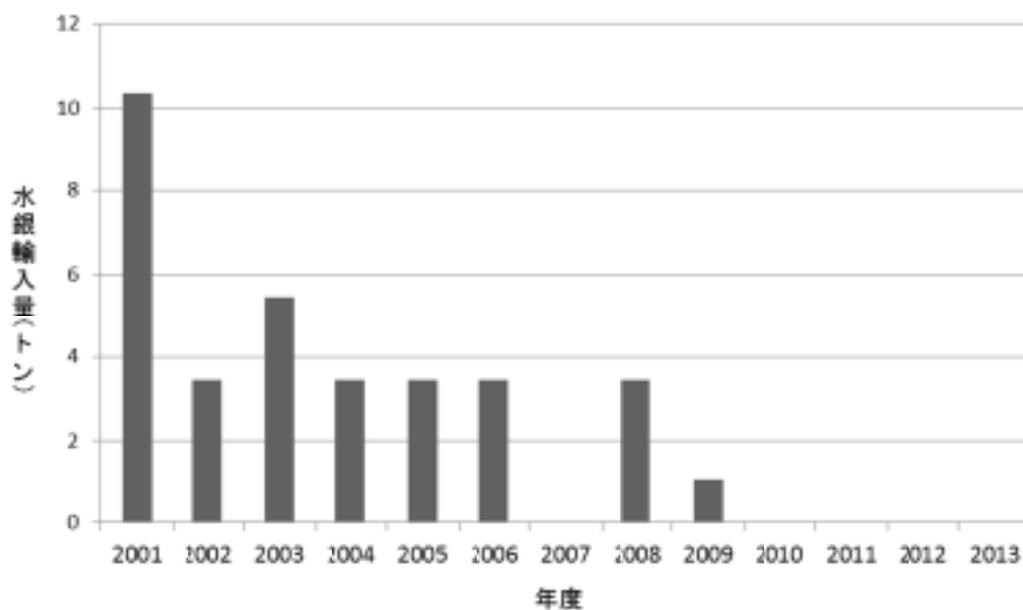
表 2.2.1 我が国からの水銀の輸出国別輸出量（年度別）（単位：kg）

| 輸出相手国 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 |
|-----------|---------------|---------------|---------------|---------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| 韓国 | - | 690 | 690 | - | 4,330 | 2,070 | 2,898 | 2,691 | 1,956 | 645 | 5,257 | 1,272 | 1,302 |
| 中国 | 108 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 台湾 | - | - | 20 | - | 5 | - | 5 | - | 5 | - | 510 | 1,657 | 10 |
| 香港 | - | - | 600 | 190 | 5,175 | 69,000 | 58,650 | 25,875 | 27,600 | - | 8,624 | - | - |
| ベトナム | 300 | 1,000 | 450 | 975 | 1,070 | 1,070 | 1,070 | 2,141 | 535 | 2,854 | 1,906 | 2,191 | 1,937 |
| タイ | - | 200 | - | - | - | - | 1,785 | 5,278 | 765 | 966 | - | 204 | 690 |
| シンガポール | - | - | 2 | - | - | - | 10,350 | 18,975 | 54,200 | 27,600 | 20,355 | 17,595 | 14,334 |
| マレーシア | - | - | - | - | 1,725 | - | 127 | - | - | - | - | - | 5 |
| フィリピン | - | 16 | - | - | 4,312 | 8,626 | - | - | 3,450 | - | - | - | 45 |
| インドネシア | 1,028 | 1,695 | 800 | 810 | 870 | 956 | 2,063 | 1,582 | 830 | 1,272 | 819 | 523 | 297 |
| ミャンマー | - | - | - | - | - | 17,250 | 10,350 | 20,700 | 10,350 | - | - | - | - |
| インド | - | - | 17,250 | 17,250 | 25,875 | 17,250 | - | 19,320 | 5,175 | 15,525 | 37,950 | 43,125 | 31,050 |
| バングラデシュ | 400 | - | 250 | 700 | 2,484 | - | 2,484 | 200 | - | 200 | 1,890 | 204 | 1,190 |
| イラン | 3,000 | 1,500 | 1,050 | - | 510 | 98,670 | 100,050 | 510 | - | 612 | 5,775 | 600 | 800 |
| UAE | - | 172 | - | 138 | 206 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| オランダ | 11,040 | 50,580 | 51,750 | 52,020 | 69,000 | 17,250 | 51,750 | 17,250 | 8,970 | 17,250 | - | - | - |
| ドイツ | - | - | - | - | - | 1,035 | - | - | - | 2,009 | - | - | - |
| スイス | - | - | - | 5 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| ハンガリー | - | - | - | - | - | 30,800 | - | - | - | - | - | - | - |
| ブラジル | - | - | - | - | - | - | 2,070 | - | 5,175 | - | - | 5,864 | 13,626 |
| ペルー | - | - | - | - | - | - | - | - | 10,350 | - | - | - | - |
| エジプト | - | - | 1,950 | 900 | - | - | 1,500 | - | - | 3,000 | - | 1,500 | 999 |
| ケニア | - | - | - | - | 4,140 | - | - | 862 | - | - | - | - | - |
| ポーランド | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 8,625 | - | - |
| コロンビア | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 4,312 | 8,624 | 8,624 |
| パキスタン | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 487 | 1,949 |
| 合計 | 15,876 | 55,853 | 74,812 | 72,988 | 119,702 | 263,977 | 245,152 | 115,384 | 129,361 | 71,933 | 96,023 | 83,846 | 76,858 |

出典：財務省貿易統計

(2) 水銀の輸入

輸入量に関しては、2000年代は数トンのオーダーであったが、2010年代に入ってから数キロ程度となっている(図 2.2.5)。



注：「水銀」には、水銀鉱石及び製品中に含まれて輸入されるものは含まない。

出典：財務省貿易統計

図 2.2.5 我が国の水銀輸入量の推移

表 2.2.2 我が国の水銀の輸入元国別輸入量(年度別)(単位：kg)

| 輸入相手国 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 |
|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|------|------|------|------|
| インドネシア | - | - | - | - | - | - | - | - | 990 | - | - | - | - |
| オランダ | - | - | - | 2 | - | 0 | - | - | - | - | - | - | - |
| ドイツ | 4 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| スペイン | - | 3,450 | 5,450 | 3,450 | 3,450 | 3,450 | - | 3,450 | - | - | - | - | - |
| 米国 | 2 | 1 | 10 | 2 | 3 | 5 | 3 | 3 | 12 | 5 | 2 | 4 | - |
| 英国 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 2 | - | - | - |
| アルジェリア | 10,350 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 合計 | 10,356 | 3,451 | 5,460 | 3,454 | 3,453 | 3,455 | 3 | 3,453 | 1,002 | 7 | 2 | 4 | 0 |

出典：財務省貿易統計

3. 国内外における水銀排出の実態¹⁶

3.1 世界規模での水銀排出

3.1.1 世界における水銀の環境への排出

自然活動や人為的活動の結果として大気環境中に排出される水銀（年間排出量：5,500～8,900トン）のうち、人為的排出は約30%を占める（表3.1.1）。その他10%は地質活動による自然起源、残り60%は、一度放出され土壌の表面や海洋に何十年、何世紀にも渡って蓄積した水銀の再放出によるものである。この再放出された水銀の最初の排出源を確実に特定することはできないが、約200年前の産業革命以降、人為的排出が自然的発生よりも大きいという事実は、再放出の大部分が人為的排出に起因することを意味している。そのため、現在の水銀の人為的排出を削減することは、将来的に環境中を循環する水銀量を削減するために極めて重要である。

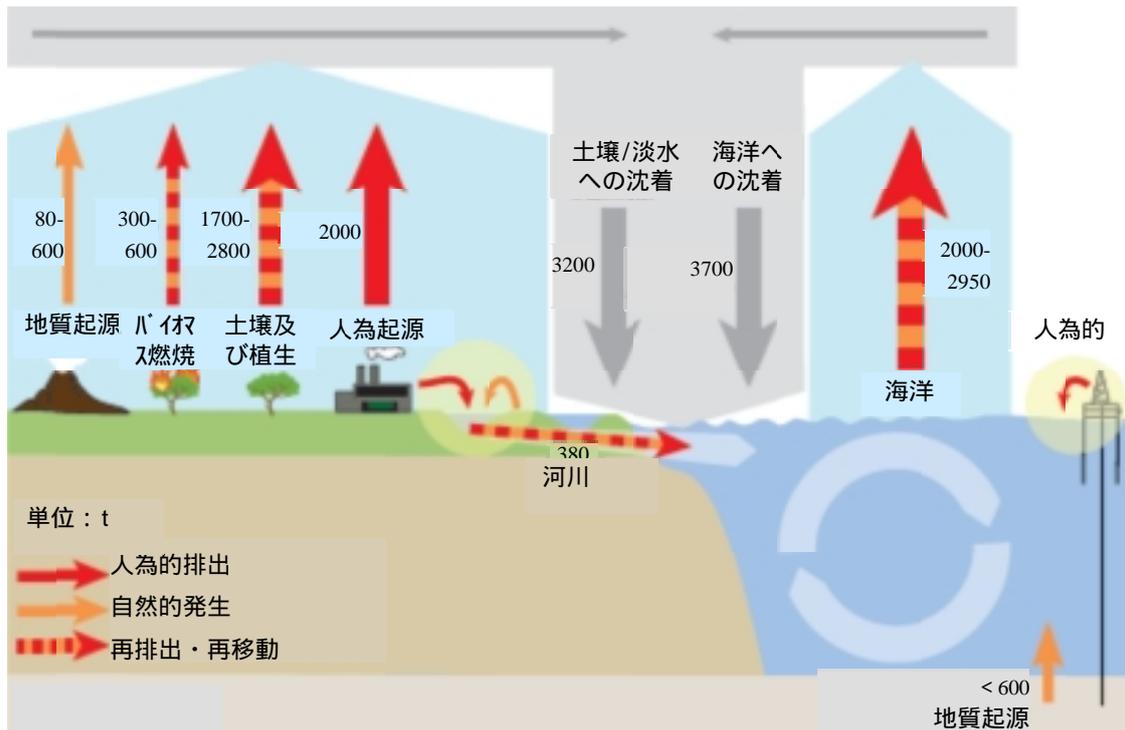
表 3.1.1 主な大気中への水銀の排出源

| 自然的発生 (全排出量の10%) | 人為的排出 (全排出量の30%) | 再排出・再移動 (全排出量の60%) |
|--|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> ● 火山活動 ● 地熱運動 | <ul style="list-style-type: none"> ● 石炭燃焼 ● 鉱業 ● セメント生産 ● 零細小規模金採掘(ASGM) ● 一般廃棄物 ● 塩素アルカリ工業 ● 塩化ビニルモノマー(VCM)生産 ● 原油の精製 ● 火葬による歯科用アマルガムの気化 | <ul style="list-style-type: none"> ● 火災等によるバイオマスの燃焼 ● 土壌中、植生中、海洋中水銀の大気への移動 ● 河川から海洋への水銀の移動 |

出典：UNEP. (2013). Global Mercury Assessment 2013.

ひとたび水銀が環境中に入りこむと、深海又は湖の堆積物として封じ込められるなど環境循環システムから除去されるまで、水銀は大気、土壌及び水域の間を循環する。水銀化合物の中で最も毒性が高く生物蓄積性が高い形態であるメチル水銀は、自然の微生物によるプロセスによって主に水環境中で生成される。

¹⁶ 本章に記載の情報は、特に断りのない限り、世界規模での水銀排出に関する最新の報告がなされている UNEP の Global Mercury Assessment 2013 による。



出典：UNEP. (2013). Global Mercury Assessment 2013.

図 3.1.1 水銀循環モデル

図 3.1.1 は、地球規模の水銀循環における主要な環境区分及び経路並びに、自然的・人為的に大気、土壌及び水域へ放出された水銀がこれらの区分間を移動する経路を示している。水銀の環境中への排出のうち、大半は大気への排出であり、排出源は自然由来、人為的排出、及び既に土壌、水面、植物に蓄積されていた水銀の再放出等である。水域への排出源は、自然由来及び人為的排出、河川からの再移動等である。

3.1.2 世界規模での水銀の大気排出

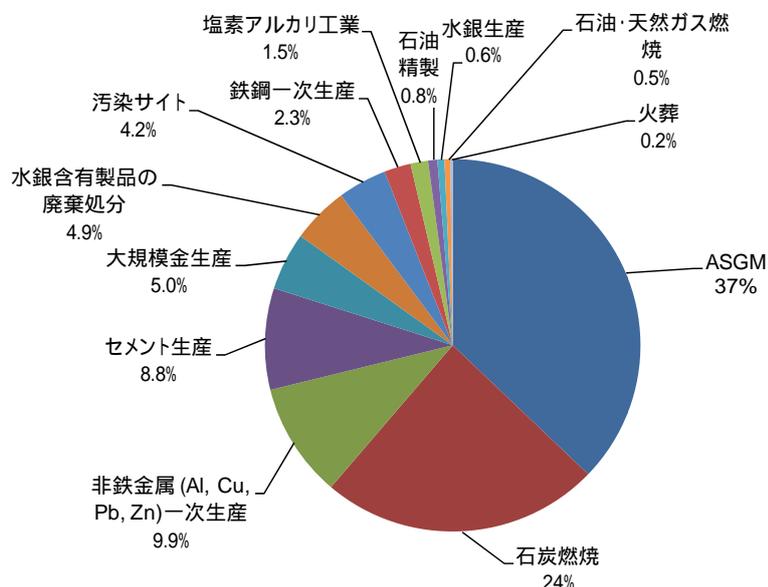
(1) 世界の水銀の大気排出源

世界規模での水銀の大気排出量について、2010年の人為的大気排出量は1960トンと推計されている(表3.1.2)。ただし、入手可能な基礎情報が近年増えてきたにもかかわらず、排出量推計には依然として不確実性が残り、1,010~4,070トンの幅がある。

表 3.1.2 多様な部門からの水銀大気排出量(2010年)

| | 部門 | 排出量(トン) | % |
|-----------------|--------------------------|--------------------|-----|
| 副産物又は 非意図的排出 | 石炭燃焼 | 474 (304 - 678) | 24 |
| | 石油・天然ガス燃焼 | 9.9 (4.5 - 16.3) | 1 |
| | 鉄鋼一次生産 | 45.5 (20.5 - 241) | 2 |
| | 非鉄金属(Al, Cu, Pb, Zn)一次生産 | 193 (82 - 660) | 10 |
| | 大規模金生産 | 97.3 (0.7 - 247) | 5 |
| | 水銀生産 | 11.7 (6.9 - 17.8) | <1 |
| | セメント生産 | 173 (65.5 - 646) | 9 |
| | 石油精製 | 16 (7.3 - 26.4) | 1 |
| | 汚染サイト | 82.5 (70 - 95) | 4 |
| 意図的な使用 | ASGM | 727 (410 - 1040) | 37 |
| | 塩素アルカリ工業 | 28.4 (10.2 - 54.7) | 1 |
| | 水銀含有製品の廃棄処分 | 95.6 (23.7 - 330) | 5 |
| | 火葬 | 3.6 (0.9 - 11.9) | <1 |
| | 合計 | 1960 (1010 - 4070) | 100 |

出典：UNEP. (2013). Global Mercury Assessment 2013.



出典：UNEP. (2013). Global Mercury Assessment 2013.

図 3.1.2 人為的排出源からの水銀大気排出量の割合(2010年)

表 3.1.3 に示した排出源以外にも、以下の部門からの水銀排出が想定されており、今後の水銀排出量の推計が必要となっている。

- バイオ燃料の生産及び燃焼
- 塩化ビニルモノマーの生産時の排出
- 二次金属生産及び合金鉄
- 石油・ガスの掘削、輸送及び精製以外の加工
- 産業廃棄物・有害廃棄物の焼却及び処分
- 下水汚泥の焼却
- 歯科用アマルガム充填材の準備、除去された水銀含有充填材の処分

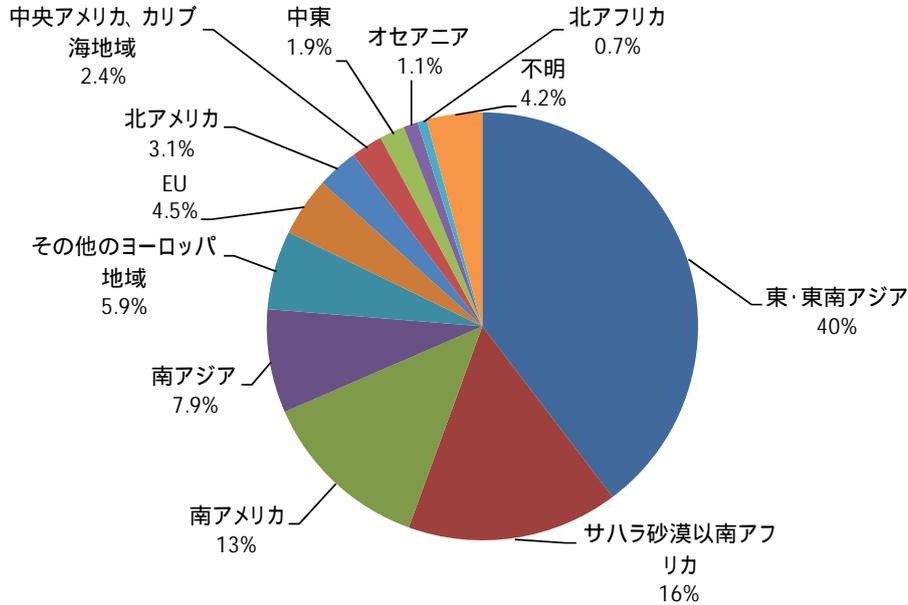
表 3.1.3 主な人為的水銀大気排出源とその原因

| 水銀排出源 | 水銀の大気排出の原因 |
|-----------------|---|
| 石炭燃焼 | 石炭中の水銀濃度は低いものの、燃焼量が膨大なため大量の水銀が排出される。石炭の水銀濃度は石炭種別に様々であり、石炭燃焼による水銀排出量の推計はかなり困難。 |
| 鋳業、溶錬、鉄鋼・非鉄金属生産 | 採鋳や金属生産の過程で、大半の水銀は回収されるものの、大気や水中への排出量が多い。 |
| セメント生産 | 材料加温のために化石燃料を燃焼する際、水銀が放出される。セメントの原材料中に含まれる水銀も排出されている。 |
| 石油精製 | 精製過程で原油・天然ガス中の水銀が排出される。インベントリでは原油・天然ガスの掘削中、運搬中、余剰ガスの焼却からの水銀排出は推計されていない。 |
| ASGM | 金アマルガムを加熱し、水銀を蒸発させる工程で水銀が排出される。ASGM は多くの場合制度化されておらず、違法でもないため排出量の推計は困難。 |
| 廃製品 | 製品中に含まれる水銀が最終的に埋め立て或いは焼却処分され、大気中に排出される。 |
| 歯科用アマルガム | 歯の詰め物として歯科用アマルガムを使用していた場合、遺体を火葬した際に水銀が大気中に排出される。歯科医院等における治療の際（詰め物の作成時）にも水銀が排出される。 |

出典： UNEP. (2013). Global Mercury Assessment 2013.

(2) 水銀の大気排出における地域の特徴

地域別にみると、水銀の人為的大気排出量が最も多いのはアジア地域で、世界全体の排出量の約 50% を占めており、特に中国は東・東南アジアにおける排出量の 4 分の 3 を占める。新たなデータの追加で ASGM からの水銀の排出割合が増加したため、南アメリカやサハラ以南のアフリカでも水銀排出量は多くなっている (図 3.1.3)。

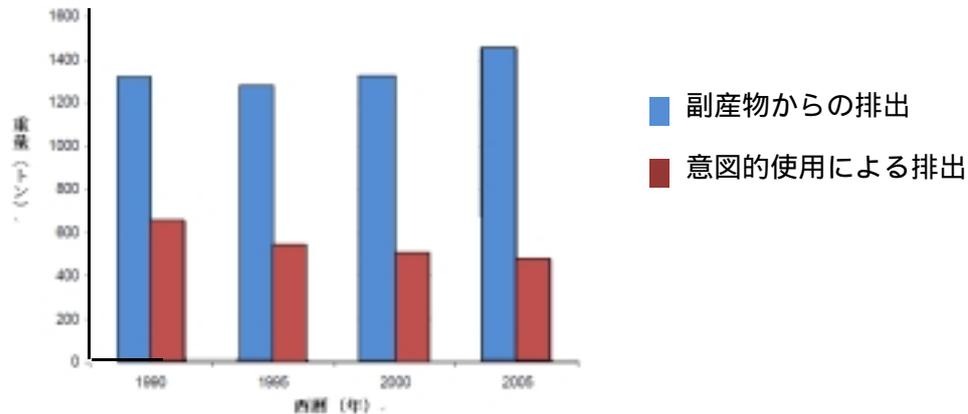


出典：UNEP. (2013). Global Mercury Assessment 2013.

図 3.1.3 地域別水銀大気排出量の割合

(3) 世界の水銀大気排出量の変化

水銀の大気排出量は 1990 年から 2005 年まではアジアで増加したものの、欧州、北米で減少したため、世界全体ではあまり変化がない。主にアジア地域で石炭火力発電による水銀の大気排出量が増加傾向にあるが、水銀の排出抑制技術が向上したため、化石燃料による水銀の大気排出量が抑えられている地域もある。また、一般廃棄物からの水銀排出量は水銀添加製品の量に関係するが、大半の製品には水銀フリー代替品が存在するため、一般廃棄物中の水銀量は減少している (表 3.1.4)。



注：「副産物からの排出」とは化石燃料や原料に成分として含まれる水銀の排出であり、「意図的使用による排出」とは水銀を製品や産業プロセス等に意図的に用いることによる水銀の大気への排出である。

出典：UNEP. (2010). Study on mercury sources and emissions, and analysis of cost and effectiveness of control measures.

図 3.1.4 世界における大気への水銀排出量の推移

3.1.3 世界の水銀の水域への放出

水域への水銀放出量は、非鉄金属生産、製品廃棄物、塩素アルカリ生産、石油精製といった部門から年間 185 トン（表 3.1.4）、水銀や貴金属等の鉱山跡地や、塩素アルカリ工場跡地などの汚染サイトから年間 8.3～34 トン（表 3.1.5）と推計されている。ASGM からの水域及び土壌への水銀放出は、別途、合計で年間 800 トン以上になると推計されており、水銀を含む殺虫剤や殺菌剤由来の水域への放出量は不明である。森林破壊による土壌浸食に伴う水銀放出については、2010 年において 260 トンの水銀が河川や湖等の水域に放出されたと推計されている。その他の放出源からの定量化は今後の課題であるが、放出量全体からみればわずかな量であると考えられる。

表 3.1.4 各部門から水域への水銀の人為的放出

| 部門 | 放出（トン/年） |
|----------|----------|
| 非鉄金属生産 | 92.5 |
| 製品廃棄物 | 89.4 |
| 塩素アルカリ生産 | 2.8 |
| 石油精製 | 0.6 |
| 合計 | 185 |

出典：UNEP. (2013). Global Mercury Assessment 2013.

表 3.1.5 汚染サイトから水域への水銀の放出の推計

| 部門 | 放出（トン/年）* |
|----------|-----------|
| 水銀一次鉱山 | 6.7 - 27 |
| 貴金属鉱山 | 1.4 - 5.5 |
| 非鉄金属製造 | 0.1 - 0.5 |
| 塩素アルカリ工場 | 0.1 - 0.5 |
| その他工場等 | 0.1 - 0.3 |
| 合計 | 8.3 - 34 |

* 水銀の放出量は推定範囲で表している。

出典：UNEP. (2013). Global Mercury Assessment 2013.

3.2 我が国の水銀排出

3.2.1 我が国の水銀の大気排出

環境省がとりまとめた我が国の水銀大気排出インベントリ（2010年度ベース、2013年度更新）によると、国内における水銀の大気排出量は年間17～21トンと推計されている（表3.2.1）。主な排出源は、セメント製造、製鉄、廃棄物焼却であり、全体の排出の約8割を占める（図3.2.1）。

表 3.2.1 水銀大気排出インベントリ（2010年度ベース、2013年度更新）

| 分類 | 項目 | 大気排出量 (t/年) ¹ | 小計 (t/年) | | |
|-----------------|---------------------------------------|-----------------------------|-------------|-------------|-----|
| 条約対象 | 石炭火力発電所 | 0.83 - 1.0 | 9.5 - 14 | | |
| | 石炭焚き産業ボイラ | 0.21 | | | |
| | 非鉄金属製造施設 | 0.94 | | | |
| | 廃棄物焼却施設 | 一般廃棄物焼却施設 | | 1.3 - 1.9 | |
| | | 産業廃棄物焼却施設 | | 0.73 - 4.1 | |
| | | 下水汚泥焼却施設 ² | | 0.17 - 0.85 | |
| セメント製造施設 | 5.3 | | | | |
| 条約対象外 | 鉄鋼製造施設 | 一次製鉄施設 | 4.1 | 4.9 | |
| | | 二次製鉄施設 | 0.62 | | |
| | 石油精製施設 | 0.1 | | | |
| | 原油・天然ガス生産施設 | >0.00005 | | | |
| | 石油等の燃焼 | 石油火力発電施設 | 0.01 | | |
| | | LNG火力発電所 | 0.001 | | |
| | | 産業ボイラ(石油系) | 0.003 | | |
| | | 産業ボイラ(ガス系) | 0.02 | | |
| | 生産プロセスに水銀または水銀化合物を使用する施設 ³ | 塩素アルカリ製造施設 | N.O. | | |
| | | 塩化ビニルモノマー製造施設 | N.O. | | |
| | | ポリウレタン製造施設 | N.O. | | |
| | | ナトリウムメチラード製造施設 | N.O. | | |
| | | アセトアルデヒド製造施設 | N.O. | | |
| | | ビニルアセテート製造施設 | N.O. | | |
| | 水銀添加製品製造施設 | バッテリー製造施設 ⁴ | 0 | | |
| | | 水銀スイッチ製造施設 | N.E. | | |
| | | 水銀リレー製造施設 | N.E. | | |
| | | ランプ類製造施設 ⁵ | 0.01 | | |
| | | 石鹸及び化粧品製造施設 | N.O. | | |
| | | 殺虫剤及び殺生物剤(農薬)製造 | N.O. | | |
| | | 水銀式血圧計製造施設 | N.E. | | |
| | | 水銀式体温計製造施設 | N.E. | | |
| | | 歯科用水銀アマルガム製造施設 | 0.0004 | | |
| | | チメロサル製造施設 | N.E. | | |
| | | 銀朱製造施設 | N.E. | | |
| | その他 ⁸ | 石灰製品製造 | <0.22 | | 0.7 |
| | | パルプ・製紙(黒液) | 0.23 | | |
| カーボンブラック製造 | | 0.11 | | | |
| 蛍光灯回収・破碎 | | 0.000005 - 0.000006 | | | |
| 火葬 | | 0.07 | | | |
| 運輸 ⁶ | | 0.07 | | | |

| 分類 | 項目 | 大気排出量 (t/年) ¹ | 小計 (t/年) |
|-----------------|-------------------------|-----------------------------|------------------|
| | 廃棄物の中間処理施設 ⁷ | N.E. | |
| | 水銀回収施設（蛍光灯を除く） | N.E. | |
| 自然由来 | 火山 | >1.4 | >1.4 |
| 合計 (自然由来を除く) | | | 17-21 (15-20) |

注： 1 N.E. は Not Estimated, N.O. は Not Occurring を意味する

2 国内法においては廃棄物焼却施設に該当しないものがあるが、廃棄物焼却施設として取り扱う

3 我が国におけるすべての当該施設ですでに水銀は用いられていない

4 我が国においてボタン型電池のみの製造に水銀が用いられているが、製造プロセス上大気へ水銀を排出しない装置を使用しているため 0 とした。

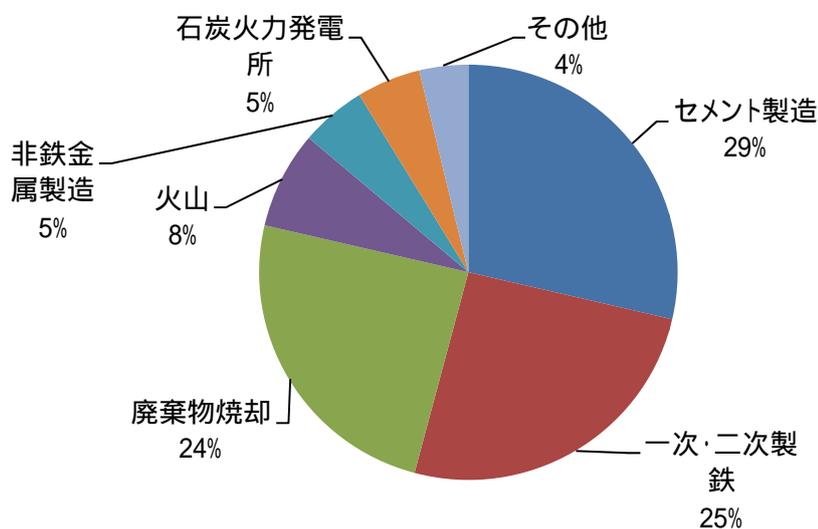
5 一般蛍光灯ランプ、バックライト、HID ランプを含む

6 対象は燃料由来のガソリン及び軽油

7 廃棄物焼却処理を除く

8 過去の政府間交渉で取り上げられていないが、水銀の大気排出に蓋然性がある発生源

出典：水銀大気排出インベントリ（2010 年度ベース、2013 年度更新）。



注：表中の割合は水銀大気排出インベントリ中の大気排出量の幅の平均値より算出した。

出典：水銀大気排出インベントリ（2010 年度ベース、2013 年度更新）に基づき作成。

図 3.2.1 国内の排出源別水銀大気排出量

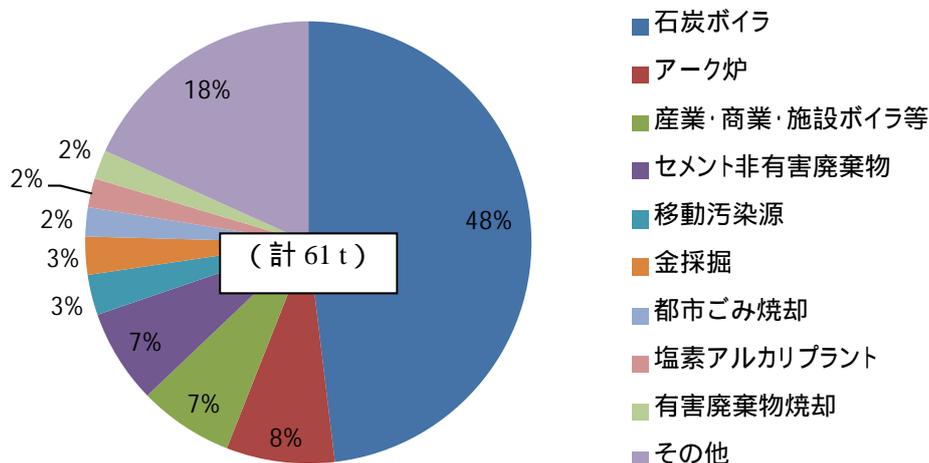
3.2.2 我が国の水域、土壌への水銀放出

我が国の水銀に関するマテリアルフロー（2010 年度ベース、2013 年度更新、図 2.2.1 参照）によると、公共水域への水銀の放出は 0.30 トン、土壌への水銀の放出は 0.48 トンとなっている。

3.3 欧米の水銀排出

3.3.1 米国における水銀の排出

米国においては、年間 61 トン（2008 年）の水銀が排出されている。石炭火力発電が最大の人為的な水銀排出源であり、環境中への排出全体の 48% を占める（図 3.3.1）。



注：米国の産業廃棄物における、非有害廃棄物とは、資源保護回復法（RCRA）のサブタイトル C で定義されている工業・産業活動で発生した有害廃棄物ではない廃棄物のことである。

出典：USEPA. (2008). National Emissions Inventory, version 3 Technical Support Document.

図 3.3.1 米国における人為的な水銀の排出源 (2008 年)

3.3.2 欧州における水銀の排出

(1) 欧州における水銀の大気への排出

欧州における最大の水銀排出源は固定燃焼設備における化石燃料の燃焼であり、大気への水銀排出量の 50% 以上を占めている。

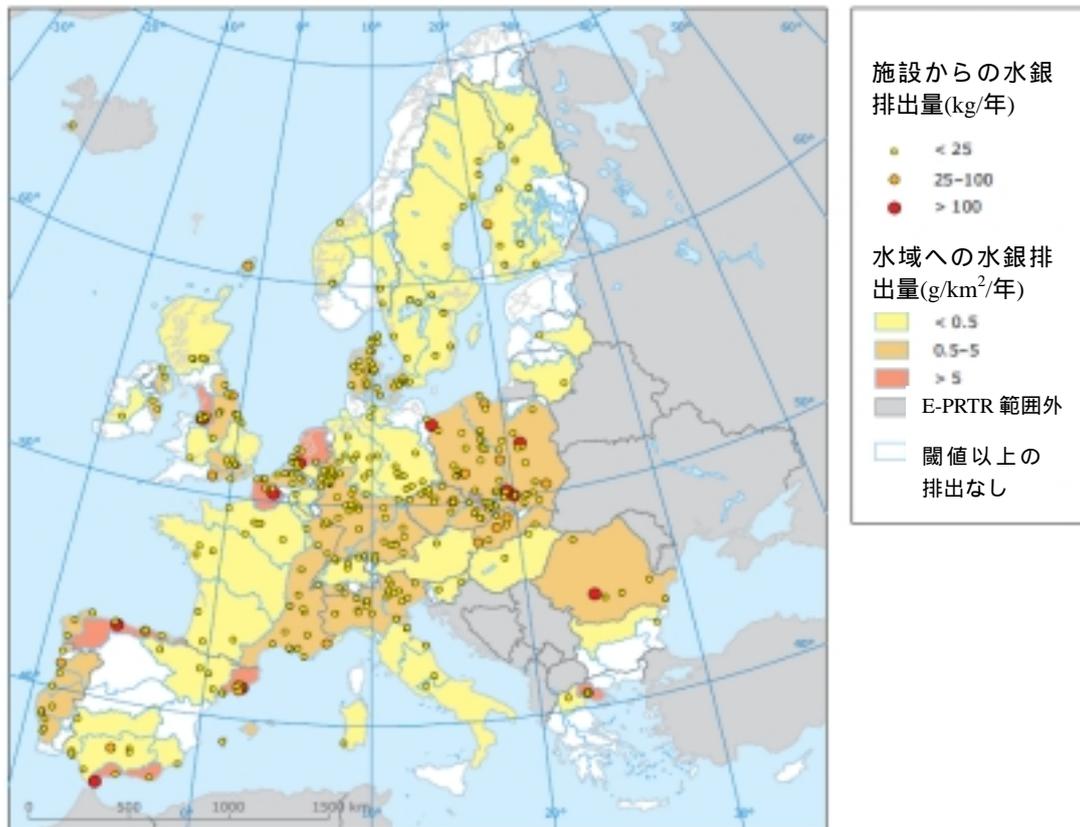
表 3.3.1 欧州における排出源別の水銀大気排出量 (2005 年)

| 排出源 | 重量 (t) |
|---------|----------|
| 固定燃焼設備 | 76.6 |
| 非鉄生産 | 18.7 |
| セメント製造 | 18.8 |
| か性ソーダ生産 | 6.3 |
| 廃棄物焼却 | 10.1 |
| その他 | 14.7 |
| 合計 | 145.2 |

出典：Pirrone N. et al. (2010). Global mercury emissions to the atmosphere from anthropogenic and natural sources.

(2) 欧州における水銀の水域への放出

欧州における水銀の水域放出量は、2008年に420施設から合計6.6トンであり、うち63%が排水浄化施設由来、16%が化学産業施設由来であった¹⁷。



注：E-PRTR の基準に満たない施設はこの図に含まれていない。しかし、それらの施設も水域への多くの水銀が放出している可能性がある。

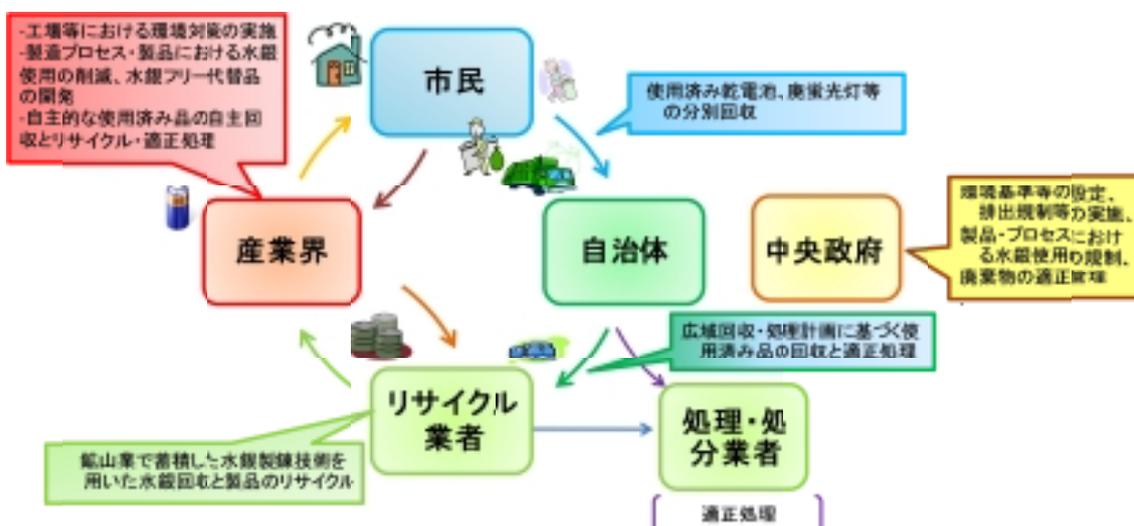
出典：EEA. (2011). Hazardous substances in Europe's fresh and marine waters.

図 3.3.2 欧州における水域への水銀放出 (2008 年)

¹⁷ EEA. (2011). Hazardous substances in Europe's fresh and marine waters, <http://www.eea.europa.eu/publications/hazardous-substances-in-europes-fresh>

4. 水銀対策の現状

我が国では、水俣病という甚大な公害の経験を教訓に、行政機関、産業界、市民がそれぞれの役割を担いながら、一体となって水銀対策に取り組んできた。



出典：環境省。(2013). 水俣病の教訓と日本の水銀対策.

図 4.1.1 我が国の水銀対策の概要

4.1 水銀の供給源及び貿易への対策

4.1.1 鉱山からの水銀排出

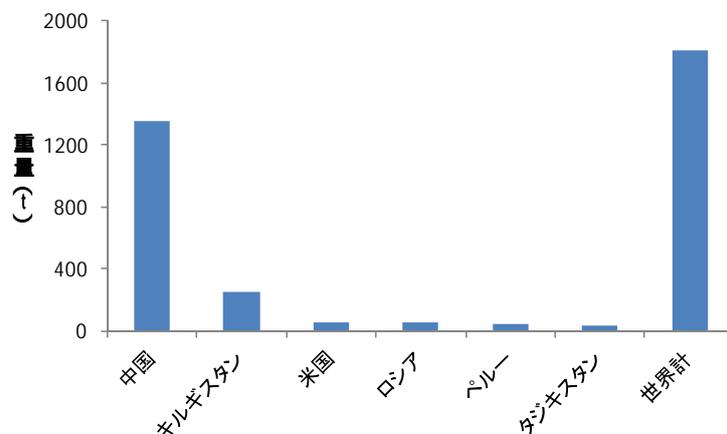
我が国における鉱山からの水銀産出量は、戦後の経済活動の再開とともに増大したものの、1960年をピークに減少傾向となり、1974年の北海道紋別市の竜昇殿鉱山の閉山を最後に終了した(図 4.1.2)。



出典：1928年から1951年までのデータは1957(昭和32)年の非鉄金属等需給統計年報、1952年から1975年までのデータは1983年資源統計年報より作成。

図 4.1.2 我が国における水銀産出量の推移

世界における鉱山からの水銀産出量は年間 1,800 トン程度である。内訳としては中国での産出量が最も多く、2013 年で 1,350 トンと約 75%を占めている（図 4.1.3）。



出典：USGS. (2014). Minerals Resources Program, Minerals Information Mineral Commodity Summaries 2014, <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/mcs/2014/mcs2014.pdf>

図 4.1.3 2013 年の水銀鉱からの水銀生産主要国

4.1.2 水銀の貿易管理

水銀は、ロッテルダム条約附属書 上欄に掲げる化学物質とされており、外国為替及び外国貿易法及び輸出貿易管理令に基づき、輸出しようとする場合は経済産業大臣の承認を受けなければならないが、輸入に関しては、外国為替及び外国貿易法及び輸入貿易管理令に基づく経産大臣の承認は必要とはされていない。

4.2 水銀添加製品及び製造プロセスへの対策

4.2.1 我が国の行政による水銀利用削減対策

水銀の使用による健康被害のリスクの高い化粧品や農薬等の製品については、個別の規制で水銀使用の禁止、あるいは含有量の限度が定められている。

| 表 4.2.1 製品等における水銀規制 製品の種類 | 規制等 |
|------------------------------|---|
| 化粧品 | 水銀及びその化合物の配合禁止（薬事法に基づく化粧品基準） |
| 農薬 | 水銀及びその化合物を有効成分とする病虫害の防除に用いられる薬剤に該当する農薬の販売及び使用の禁止（農薬取締法、農薬取締法に基づく農林水産省令） |
| 汚泥肥料 | 汚泥肥料（下水・し尿・工業汚泥等）に含有を許される有害成分の最大量 <ul style="list-style-type: none"> 水銀またはその化合物：検液中に 0.005mg/L 以下 アルキル水銀：検液中に検出されないこと （肥料取締法に基づき普通肥料の公定規格を定める等の件） |
| 汚泥の再生利用品 | 汚泥の再生利用品に必要な基準 <ul style="list-style-type: none"> 総水銀：検液中に 0.0005mg/L 以下 アルキル水銀：検液中に検出されないこと （汚泥に係る再生利用の認定の申請書に添付する書類及び図面並びに再生利用の内容等の基準） |
| 家庭用品 | 以下の家庭用品に有機水銀化合物が検出されないこと <ul style="list-style-type: none"> 一般家庭用品：家庭用接着剤、家庭用塗料、家庭用ワックス、くつ墨、くつクリーム 繊維製品：おしめ、おしめカバー、よだれかけ、下着（シャツ、パンツ、ズボン下等）、手袋、靴下、衛生バンド、衛生パンツ（有害物質を含有する家庭用品の規制に関する法律） |
| 医薬品 | 経口用剤の場合：水銀化合物の配合は、認められない。 外用剤の場合：有効成分としての水銀化合物の配合はマーキュロクロムを除いては原則として認められない。保存剤として水銀化合物を配合する場合は、製剤上及び安産対策上、他の保存剤に替えることができない特別の理由がある場合に限り認められる。（薬事法における医薬品の承認審査） |

出典：環境省. (2013). 水俣病の教訓と日本の水銀対策.

また、グリーン購入法の特定調達品目の判断基準に水銀に関する内容を設定し、水銀フリー製品の開発・普及及び製品中の水銀利用量の削減を促進している。

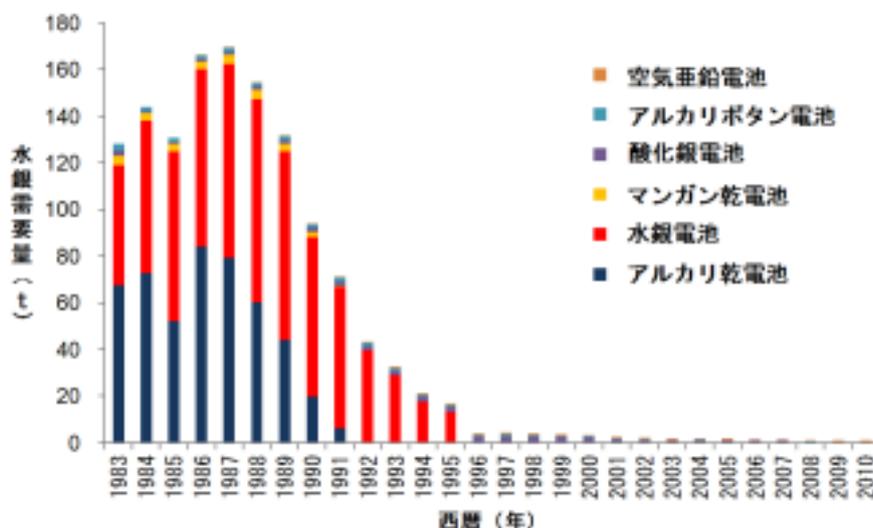
水銀添加製品の水銀含有量削減や水銀フリー代替品の開発・普及に伴い、水銀添加製品に使用される水銀量は大幅な減少傾向にあり、水銀添加製品自体もめざましく減少してきた。

4.2.2 産業界の取組

(1) 我が国の水銀添加製品に対する産業界の取組

1) 電池における水銀利用の削減

かつて、乾電池の負極には亜鉛が使われており、その腐食反応を防止するために抑制効果のある水銀が添加されていた。しかし、1980年代前半にゴミ焼却炉からの水銀排出による環境汚染が取り上げられ、電池業界による水銀フリー乾電池の研究、使用済水銀電池の回収強化、使用済アルカリ・マンガン電池の埋立による土壌への影響の研究が行われることとなった。その結果、マンガン乾電池、アルカリ乾電池はそれぞれ1991年、1992年に無水銀化され、水銀電池は1995年末に製造が中止された。

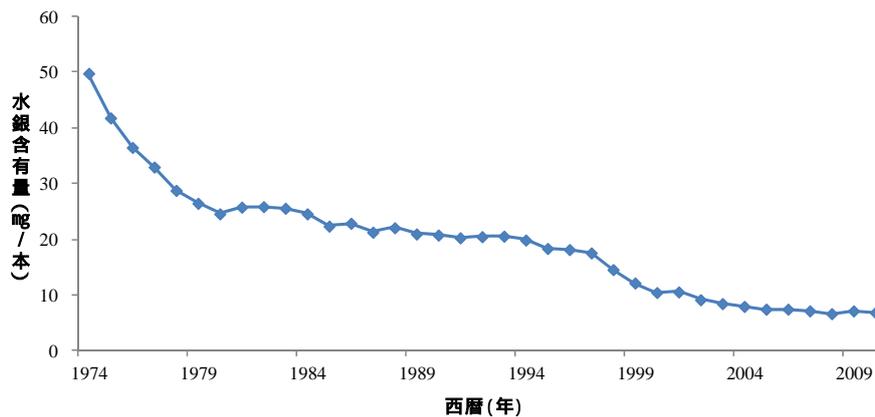


出典：社団法人電池工業会提供資料

図 4.2.1 一次電池の国内生産における水銀総需要量の推移

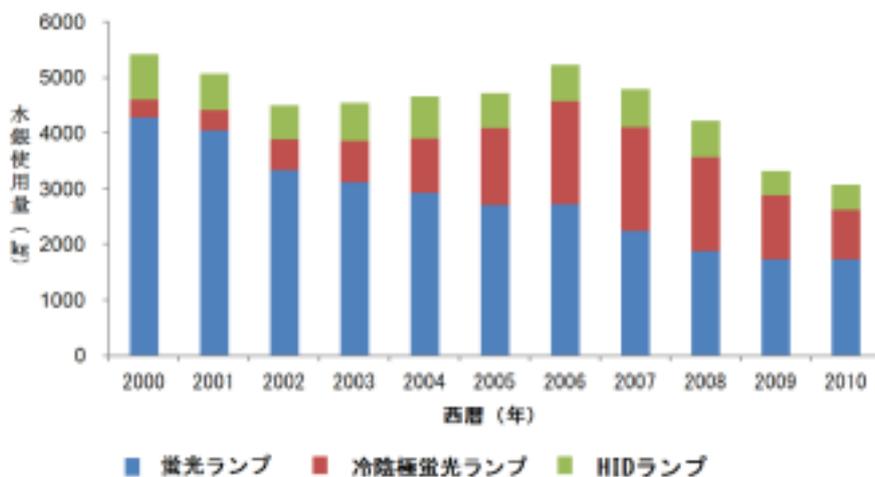
2) 光源製品における水銀利用の削減

蛍光灯は原理上、微量の水銀が不可欠である。蛍光灯メーカー各社は、製品の水銀含有量を削減するための技術開発を行ってきた。その結果、1970年代には約50mgあった製品当たりの平均水銀封入量は、2007年には約7mgまで削減された(図4.2.2)。さらに、水銀を正確に封入する方法の開発が継続され、さらなる水銀含有量の削減が図られている。一方、液晶テレビや液晶モニターのバックライト用の冷陰極蛍光灯については、生産量の増加とともに水銀利用量も増加したが、LEDバックライトへの代替によって水銀利用量も減少に転じた。全体的な光源製品への水銀利用量は近年減少傾向にある(図4.2.3)。



出典：社団法人日本電球工業会提供資料

図 4.2.2 蛍光ランプ 1 本あたりの水銀含有量推移

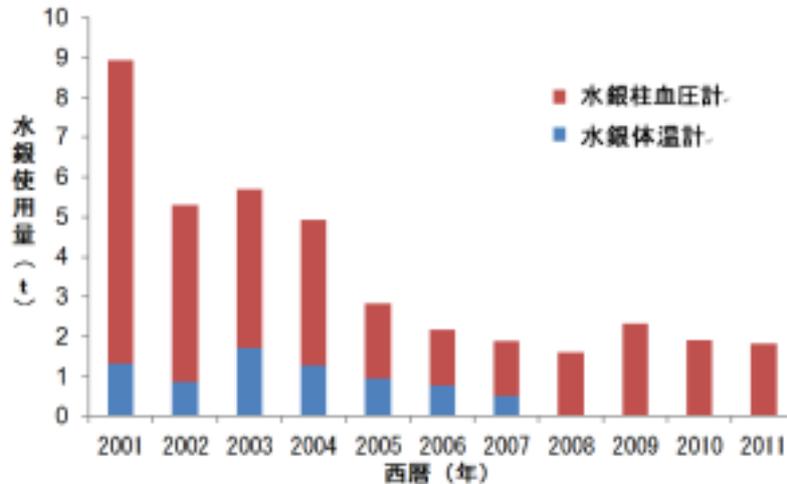


出典：社団法人日本電球工業会

図 4.2.3 水銀使用光源製品における水銀使用量の推移

3) 医療機器等における水銀利用の削減

医療機器分野では、体温計、血圧計、虫歯治療充填材等に水銀が使用されてきた。一部の医療現場では現在も水銀体温計や水銀血圧計が使用されているものの、電子式の水銀フリー代替製品の普及や、虫歯充填材(歯科用アマルガム)としての水銀使用量の大幅な減少に伴い、医療機器等に使用される水銀量は減少傾向にある。



注：生産量データは、薬事工業生産動態統計年報（厚生労働省）に基づく。

水銀含有量は、体温計は1.2g/本として、血圧計は47.6g/個として計算。

出典：環境省推計データ

図 4.2.4 医療用計測機器における推計水銀使用量の推移

歯科用アマルガムとしての水銀使用量は、金属パラジウム合金やセラミック、コンポジットレジン等の代替技術に伴い減少傾向である。国内の年間水銀利用量は、1970年には約5,200kg¹⁸であったが、1999年には約700kg¹⁹、2006年には約100kg²⁰、2010年には約20kg²¹まで大幅に削減された。

日本歯科医師会は、水銀に関する水俣条約の採択を踏まえ、2013年9月「歯科用アマルガムの廃絶に向けて取り組む」旨を表明している。

(2) 我が国の水銀使用製造プロセスにおける産業界の取組

産業界では製造プロセスでの水銀使用削減により水銀の環境への排出削減を行ってきた。水銀を利用する生産プロセスとしては、か性ソーダ・塩素の製造、塩化ビニルモノマーやアセトアルデヒドの製造などがあるが、我が国では全て水銀を用いない方法に転換されている。ここでは我が国の製造プロセスにおける水銀使用削減に係る取組を紹介する。

か性ソーダ・塩素の製造においては、戦後の経済成長期には水銀法が主流であったが、水銀を用いない隔膜法へ転換され、さらに水銀法か性ソーダ製造施設におけるクロードシステムが徹底された。その結果、1986年までに、か性ソーダ・塩素の製造は全て非水銀法に転換された²²。隔膜法はコストが高いため、1999年までに全てイオン交換膜法に転換された。

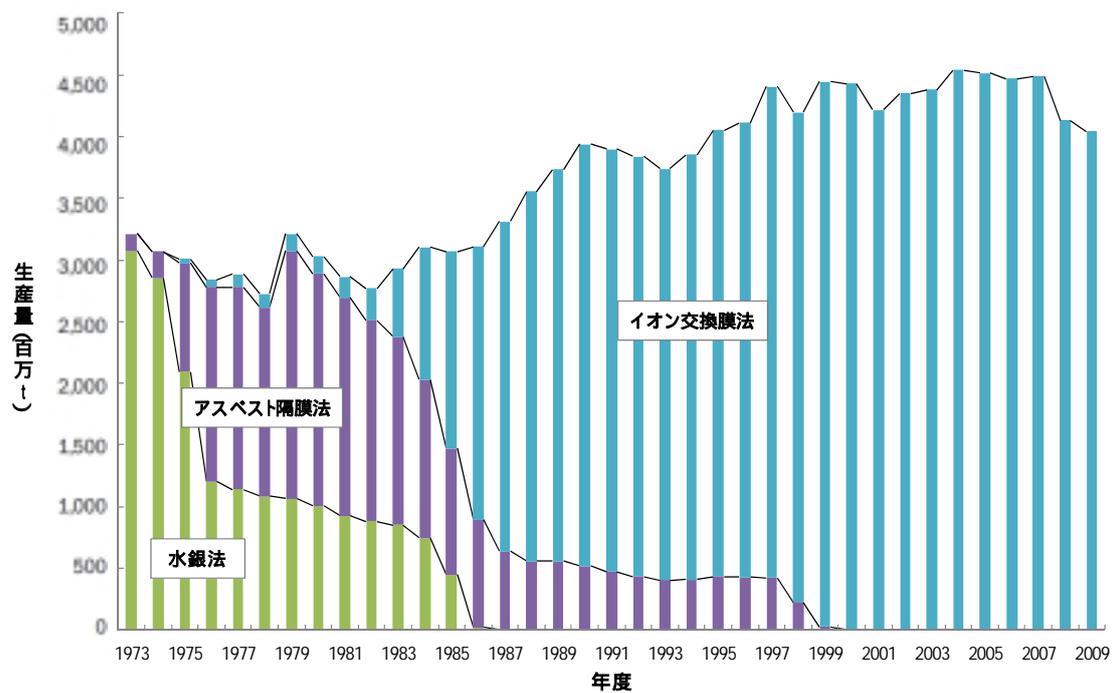
¹⁸ 昭和49年版環境白書「総説 第1章 第2節 1 有害物質による蓄積性汚染 表1-10 各国の水銀の用途別需要量」

¹⁹ 平成13年11月20日付け内閣参質153第2号「参議院議員櫻井充君提出歯科用水銀アマルガムに関する質問に対する答弁書」

²⁰ 社団法人日本歯科商工協会提供資料

²¹ 社団法人日本歯科医師会提供資料

²² 日本ソーダ工業会 <http://www.jsia.gr.jp/index.html>



出典：日本ソーダ工業会提供資料

図 4.2.5 日本における製法別か性ソーダ生産量の推移

塩化ビニルモノマー製造においては、アセチレンに塩化水素を添加する際に水銀触媒が用いられていたが、電力コストの上昇に伴い、1960年代前半から水銀触媒を使わないEDC法やオキシクロリネーション法へと転換された。

4.3 大気への排出、水域、及び土壌への放出への対策

4.3.1 我が国の水銀排出基準

我が国では、水銀の環境中への排出抑制に関する様々な基準が設定されている。水質、土壌、廃棄物に関しては環境基準や排出基準が設定されており（表 4.3.1）、水銀の大気排出に関しては、環境基準に準ずる、健康リスクの低減を図るための指針値に基づく自主的な水銀排出抑制が行われている。また、大気汚染防止法、ダイオキシン対策特別措置法におけるダイオキシン類の排出規制によって、排ガス中の水銀除去率が 22% から 96.7% に向上したとの調査結果もある²³。

表 4.3.1 我が国における環境基準及び排出基準

| 対象 | 基準値の概要 | 根拠法令名 |
|-------|---|-------------------------------------|
| 大気 | 環境中の有害大気汚染物質による健康リスクの低減を図るための指針となる数値（指針値）：水銀（水銀蒸気）40 ng Hg /m ³ 以下（年平均値） | 大気汚染防止法に基づく有害大気汚染物質対策の一環 |
| 公共用水域 | 環境基準：総水銀0.0005 mg/L 以下、アルキル水銀は検出されないこと（年間平均値） | 環境基本法 |
| | 排水基準：水銀及びアルキル水銀その他の水銀化合物0.005 mg/L 以下、アルキル水銀化合物は検出されないこと | 水質汚濁防止法（排水規制） |
| 地下水 | 環境基準：総水銀0.0005 mg/L 以下、アルキル水銀は検出されないこと（年間平均値） | 環境基本法 |
| | 特定地下浸透規制の基準：水銀及びアルキル水銀その他の水銀化合物0.0005 mg/L以下、アルキル水銀化合物0.0005 mg/L以下 | 水質汚濁防止法（地下浸透規制） |
| | 浄化基準：水銀及びアルキル水銀その他の水銀化合物0.0005 mg/L 以下、アルキル水銀化合物は検出されないこと | 水質汚濁防止法（地下水の浄化に係る措置命令の基準） |
| 土壌 | 環境基準：検液1リットルにつき総水銀0.0005 mg 以下 | 環境基本法 |
| | 溶出量基準：水銀及びその化合物0.0005 mg/L 以下、かつ、アルキル水銀は検出されないこと 含有量基準：水銀及びその化合物15 mg/kg 以下 | 土壌汚染対策法（要措置区域等の指定に係る基準（汚染状態に関する基準）） |

出典 環境省.(2013). 水俣病の教訓と日本の水銀対策.

²³ Shin-ichi Sakai, Akiko Kida, Shigehiro Shibakawa, Akihiro Matsumoto, Hajime Tejima, Nobuo Takeda. (2006). Co-benefit of Controlling Unintentional Persistent Organic Pollutants (UPOPs) in Municipal Solid Waste Incineration, in 4th i-CEPEC, September 26-29, 2006, Kyoto, Japan.

4.3.2 土壌、底質汚染対策

水俣湾など過去に水銀によって汚染された底質については、1973年（昭和48年）に定められた暫定除去基準値（水銀 25ppm）に基づき、基準値以上の水銀を含有する底質について浚渫、埋立等の対策が講じられた。

さらに、土壌汚染対策法により、水銀など有害物質を過去に使用していた工場等の敷地や有害物質の汚染により健康被害が生ずるおそれのある土地について、所有者への調査、都道府県知事への報告義務及び都道府県知事による評価・対策等が規定されている。また、水質汚濁防止法により、都道府県等が地下水質のモニタリングを行い、汚染が確認された場合は汚染源や汚染範囲の特定を行うこととなっている。

4.4 水銀廃棄物の処理

4.4.1 我が国における水銀廃棄物の処理

(1) 水銀廃棄物の適正管理

我が国では、水銀添加廃製品の回収システムの構築と水銀廃棄物の適正処理・処分を積極的に推進してきた。廃棄物中の水銀が一定濃度以上のものは特別管理産業廃棄物として処理基準が設けられている。また特別管理産業廃棄物の最終処分にあたっては、溶出基準を満たすものについては一般的な管理型最終処分場への埋立が可能であり、溶出基準を満たさないものについては遮断型最終処分場への埋立が義務付けられている。

表 4.4.1 特別管理産業廃棄物の判定基準

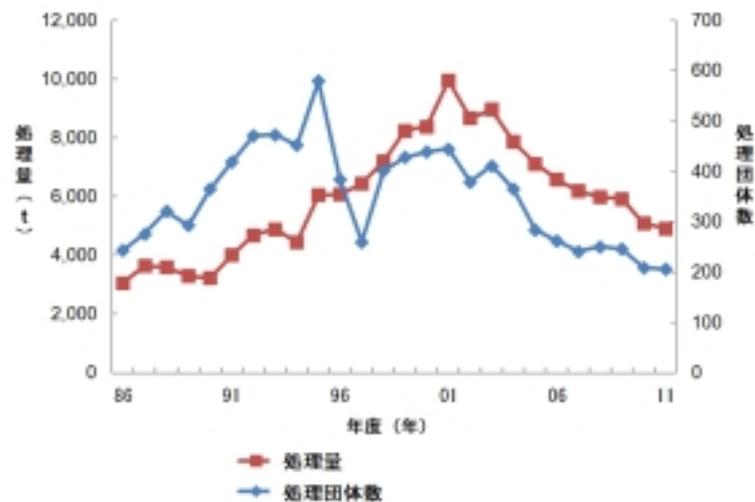
| 廃棄物の種類 | 水銀の濃度基準 |
|---|---------------------------------------|
| 燃え殻、ばいじん、鉍さい、汚泥、これらの処理物（廃酸・廃アルカリ以外） | アルキル水銀：検出されないこと 水銀：0.005mg/L（溶出試験） |
| 廃酸・廃アルカリ、廃酸・廃アルカリの処理物（廃酸・廃アルカリ）、燃え殻・ばいじん・鉍さい・汚泥の処理物（廃酸・廃アルカリ） | 水銀：0.05mg/L（廃酸・廃アルカリ中濃度） |

(2) 使用済み乾電池及び廃蛍光管の広域回収・処理システムの構築

焼却炉からの水銀排出対策を目的として、1985年に厚生労働省より自治体に対し、乾電池の分別収集と水銀回収に関する通知が出された。これを受け、(社)全国都市清掃会議(以下、全都清という)によって「使用済み乾電池等の広域回収・処理計画」が1986年に策定され、同計画に賛同した市町村を対象に「広域回収処理事業」が開始された。当初は使用済み乾電池(2次電池やボタン形電池等は除く)のみが回収・処理対象であったが、1999年度より使用済み蛍光管も回収・処理対象となった。

市町村により分別回収された使用済み乾電池及び使用済み蛍光管は、水銀処理事業者によって処理・処分(水銀回収・再資源化)されている。

使用済み乾電池の処理量は1986年の処理事業開始以降、増加傾向であったが、2001年をピークに現在は減少傾向にある(図4.4.1)。

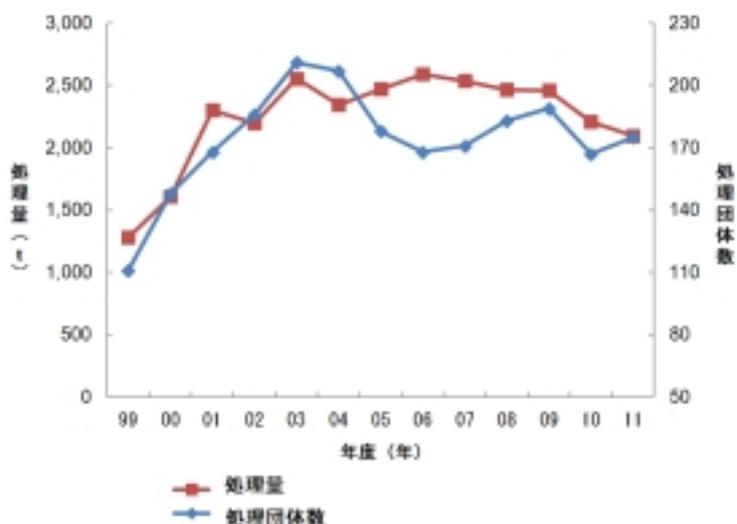


注：図中の処理量は広域回収処理事業における処理量。処理団体数は、広域回収処理事業により処理・処分した市町村及び事務組合の合計数。

出典：全国都市清掃会議提供資料

図 4.4.1 広域回収処理事業における使用済み乾電池の処理量及び処理団体数の推移

使用済み蛍光管の処理量及び処理団体数については、1999年度の広域回収開始から5年間で大幅に増加したが、現在はやや減少傾向にある（図 4.4.2）。



注：図中の処理量は、広域回収処理事業における処理量。図中の処理団体数は、広域回収処理事業により処理・処分した市町村及び事務組合の合計数。

出典：全国都市清掃会議提供資料

図 4.4.2 広域回収処理事業における使用済み蛍光管等の処理量及び処理団体数の推移

4.5 まとめ：水銀に関する水俣条約の内容と我が国における水銀対策等の現状

我が国における水銀対策等の現状を水俣条約の主な規定ごとに整理すると、表 4.5.1 のとおりである。

表 4.5.1 水銀に関する水俣条約の内容と我が国における水銀対策等の現状

| 条 | 主な規定内容 | 我が国における水銀対策等の現状 |
|----------------------|--|--|
| 水銀の供給源及び貿易（第3条） | <ul style="list-style-type: none"> ・新規の水銀の一次採掘の禁止 ・既存の水銀鉱山の期限付禁止及び採掘される水銀の用途の限定と適正な処分 ・一定量を超える水銀等の在庫及び供給源を特定するよう努める。 ・クロルアルカリ製造施設の廃棄から生ずる余剰水銀の環境上適正な処分 | <ul style="list-style-type: none"> ・水銀の一次鉱出は、現在存在しない。 ・水銀を用いるクロルアルカリ製造施設の稼働実態はない。 |
| | <ul style="list-style-type: none"> ・書面による輸入国の同意があり、条約上許可された用途等の目的である場合を除き、水銀の輸出を禁止 ・許可されない供給源からの水銀でないことの証明書が提出された場合を除き、非締約国からの水銀の輸入の禁止 | <ul style="list-style-type: none"> ・年間70トン程度（2010年）の水銀を輸出 ・水銀の輸出は、外為法及び輸出貿易管理令に基づき経済産業大臣による承認の対象 ・水銀の輸入はわずか（数キロ規模） |
| 水銀添加製品（第4条） | <ul style="list-style-type: none"> ・水銀添加製品の製造、輸出入の禁止 ・水銀添加製品（歯科用アマルガム）に対する措置の実施 ・水銀添加製品の組立製品への組み込み防止措置の実施 ・水銀添加製品の新製品の製造及び商業的流通の抑制 | <ul style="list-style-type: none"> ・水銀フリー製品への転換及び水銀添加製品中の水銀含有量の低減に関する規制及び産業界の取組が進められている。 ・日本歯科医師会は2013年9月「歯科用アマルガムの廃絶に向けて取り組む」旨を表明。 |
| 水銀等を使用する製造工程（第5条） | <ul style="list-style-type: none"> ・クロルアルカリ及びアセトアルデヒドの製造工程における水銀等使用禁止 ・塩ビモノマー等の製造工程における水銀等使用の制限措置の実施 | <ul style="list-style-type: none"> ・対象となる製造工程での水銀使用は現在では確認されていない。 ・公共用水域等への水銀の放出防止の観点から水質汚濁防止法に基づく規制がある。 |
| ASGM（第7条） | <ul style="list-style-type: none"> ・ASGMを実施している国において、その削減（可能なら廃止）等のための措置の実施 | <ul style="list-style-type: none"> ・ASGMの実態は確認されていない。 |
| 大気への排出（第8条） | <ul style="list-style-type: none"> ・新規の関係する排出源へのBAT/BEPの適用 ・既存の発生源に対する措置の実施 ・排出に関する目録の作成・維持 | <ul style="list-style-type: none"> ・大気汚染防止法に基づく「有害大気汚染物質」に水銀を指定し、事業者に排出状況の把握と排出抑制を求めている。 ・環境省が水銀の排出インベントリを作成・公表。 |
| 土壌・水への放出（第9条） | <ul style="list-style-type: none"> ・重大かつ人為的な発生源の分類の特定 ・関係する放出源からの放出管理の措置の実施 ・放出に関する目録の作成・維持 | <ul style="list-style-type: none"> 水質汚濁防止法上の特定施設の指定及び排水基準の設定等の規制。 ・現状、水域及び土壌への重大な水銀の放出は確認されていない。 ・環境省作成「水銀に関するマテリアルフロー」の中で、土壌・水への水銀放出量を推計 |
| 水銀の環境上適正な暫定的保管（第10条） | <ul style="list-style-type: none"> ・廃棄物以外の水銀及び水銀化合物の環境上適正な暫定的保管の実施 | <ul style="list-style-type: none"> ・水銀の取扱いや保管に関する、毒劇法、水質汚濁防止法（貯蔵施設規制）等による規制あり |

| 条 | 主な規定内容 | 我が国における水銀対策等の現状 |
|-------------------|---|---|
| 水銀廃棄物 (第11条) | <ul style="list-style-type: none"> ・環境上適正な水銀廃棄物の管理 ・水銀廃棄物の回収、再生利用、回収利用、直接再利用を、許可用途又は環境上適正な処分目的に限定 ・バーゼル条約に適合する環境上適正な処分目的以外の越境輸送の禁止 | <ul style="list-style-type: none"> ・廃棄物処理法による廃棄物管理 ・特定有害廃棄物等輸出入等規制法によりバーゼル条約に対応 |
| 汚染された場所 (第12条) | <ul style="list-style-type: none"> ・水銀等により汚染された場所を特定し、評価するための適当な戦略の策定 | 土壌汚染対策法及び水質汚濁防止法に基づく汚染された場所の特定、評価のしくみあり。 |

参考資料 我が国の水銀に関するマテリアルフロー概要版（2010年度ベース、2013年度更新）

